

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ
МЕТАЛІВ**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«10» червня 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «бакалавр»

спеціальності 136 «Металургія»

**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка
«Плунжер» та організація роботи стрижневого відділення ливарного цеху
заводу легкових автомобілів»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ФЛ-61-1

Кондратенко Іван Олександрович

Керівник:

к.т.н., асистент Ковальчук Олександр Григорович

Консультант з охорони праці:

к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович

Консультант з економічної частини:

к.е.н, ст.викладач Нараєвський Сергій Вікторович

Рецензент:

к.т.н., доцент Доній Олександр Миколайович

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ФЛ61.61303.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	103	
3	A1	ФЛ61.61303.1110.0001 ДП	План стрижневого відділення	1	
4	A2	ФЛ61.61303.1110.0002 ДП	Технологія виготовлення виливка «Плунжер»	1	
5	A2	ФЛ61.61303.1110.0003 ДП	Стрижневий ящик	1	
6	A2	ФЛ61.61303.1110.0004 ДП	Модельна плита з моделлю верха	1	
7	A1	ФЛ61.61303.1110.0005 ДП	Форма в складеному вигляді	1	
8	A1	ФЛ61.61303.1110.0006 ДП	Машина піскострільна стрижнева 2Б83М	1	
9	A1	ФЛ61.61303.1110.0007 ДП	Техніко-економічні показники стрижневого відділення	1	

				ФЛ61.61303.1110.0000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Кондратенко І.О.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Ковальчук О.Г.				1	1
Консулт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. 1110 Гр. ФЛ-61-1	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ямпшинський М.М.

«18» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Кондратенку Івану Олександровичу

1. Тема проєкту «Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер» та організація роботи стрижневого відділення ливарного цеху заводу легкових автомобілів», керівник проєкту к.т.н., асистент Ковальчук Олександр Григорович, затверджені наказом по університету від «27» травня 2020 р. №_____

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту 3.1 Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.2 Креслення деталі «Плунжер». 3.3 Серійність виробництва 12000 тон придатних виливків за рік. 3.4 Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки Техніко-економічне обґрунтування. Реферат. Вступ. 4.1 Аналіз виробничої програми цеху. 4.2 Розрахунок стрижневого відділення. 4.3 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка. 4.4 Проектування ливарного устаткування. 4.5 Організаційно-економічна частина 4.6 Охорона праці. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу 5.1 Креслення плану стрижневого відділення 5.2 Креслення технології виготовлення виливка «Плунжер» 5.3 Креслення стрижневого ящика 5.4 Креслення модельної плити з моделлю верха

5.5 Креслення форми в складеному вигляді 5.6 Креслення Машини піскострільної стрижневої 2Б83М. 5.7 Техніко-економічні показники стрижневого відділення.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно – економічна частина проекту	к.е.н, ст.викладач Нараєвський Сергій Вікторович		
Охорона праці	к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Переддипломна практика	15.04.20 ...19.04.20 р.	
2	Аналіз виробничої програми	24.05.20 р.	
3	Проектування стрижневого відділення	28.05.20 р.	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер»	31.05.20 р.	
5	Проектування ливарного устаткування	06.06.20 р.	
6	Графічна частина проекту	06.06.20 р.	
7	Виконання розділів «Організаційно-економічна частина» та «Охорони праці»	07.06.20 р.	
8	Рецензування дипломного проекту	10.06.20 р.	
9	Захист дипломного проекту	17.06.20 р.	

Студент

Коднратенко І.О.

Керівник

Ковальчук О.Г.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Розроблення технологічного процесу
виготовлення виливка «Плунжер» та організація роботи
стрижневого відділення ливарного цеху заводу легкових
автомобілів»

Київ – 2020 року

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Завданням дипломного проекту є розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер» та організація роботи стрижневого відділення заводу легкових автомобілів, проектування устаткування, планування та розроблення організаційно-економічного розділу, та розділу охорони праці.

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>ТЕНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</div> <div>КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1</div>			
Разроб.		Кондратенко І.О.						
Перев.		Ковальчук О.Г.						
Н. Контр.								
Затв.								
					Лит.	Аркуш.	Аркушів	
						6	1	

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 103 стор., 40 табл., 12 рис., 19 посилань.

Мета дипломного проєкту - розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер» та організація роботи стрижневого відділення потужністю 12000 тон придатних виливків заводу легкових автомобілів.

Об'єкт проектування – завод легкових автомобілів з виготовленням виливків із чавуну.

Предмет проектування – розроблення технологічного процесу виготовлення виливків із чавуну, організація стрижневого відділення.

Результати проектування – розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер» за литтям у разові піщано-глинясті форми по сирому, виготовлення стрижня на розрахованій піскострільній стрижневій машині, виконано технічне планування стрижневого відділення з вибором і розрахунком устаткування, спроектовано план відділення, проведено розрахунки організаційно-економічних показників, покращені безпека та умови праці у розділі охорони праці.

ЧАВУН, СТРИЖНЕВЕ ВІДДІЛЕННЯ, ВИЛИВОК, ПЛУНЖЕР, ФОРМА, ОПОКА, СТРИЖНЕВА ПІСКСТІЛЬНА МАШИНА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Кондратенко І.О.			РЕФЕРАТ	Лит.	Аркуш.	Аркушів
Перев.		Ковальчук О.Г.					7	1
Н. Контр.								
Затв.						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		

ABSTRACT

Diploma project consists of: 103 pages, 40 tables, 12 drawings, 19 links.

The purpose of the diploma project is to develop the technological process of making the casting "Plunger" and to organize the work of the rod department with a capacity of 12,000 tons of suitable castings of the car plant.

The object of design is a car factory with the production of cast iron castings.

Subject of design - development of technological process of production of castings from pig-iron brands, the organization of core branch.

The results of design - development of the technological process of making the casting "Plunger" by casting in disposable sand-clay molds on raw, making a rod on a calculated sandblasting rod machine, performed technical planning of the rod department with selection and calculation of equipment, designed branch plan, economic calculations indicators, improved safety and working conditions in the section of labor protection.

CAST IRON, CORE DEPARTMENT, CASTING, PLUNGER, FORM, BRAKING,
CORE BLOWING MACHINE, TECHNICAL-ECONOMIC INDICATORS

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Кондратенко І.О.			ABSTRACT	Лит.	Аркуш.	Аркушів
Перев.		Ковальчук О.Г.					8	1
Н. Контр.								
Затв.						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		

ЗМІСТ

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	6
РЕФЕРАТ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ	13
1.1 Виробнича програма.....	13
1.2 Аналіз виробничої програми	16
1.3 Режим роботи цеху і фонди часу.....	19
1.4 Тип і структура цеху	20
2. РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	22
2.1 Організація роботи та вибір технологічного процесу.....	22
2.2 Обсяг виробництва та номенклатура стрижнів	23
2.3 Вибір устаткування.....	26
2.4 Енергетичні затрати стрижневого відділення.....	32
2.4.1 Електропостачання	32
2.4.2 Стиснуте повітря.....	33
2.4.2 Теплопостачання.....	34
2.5 Проектування будівлі	35
3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ	
ВИЛИВКА.....	36
3.1 Розроблення технології виготовлення ливарної форми.....	36
3.1.1 Загальна характеристика литої деталі «Плунжер».....	36
3.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка.....	37
3.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини	
рознімання моделі і форми	38
3.1.4 Усадка виливка.....	39
3.1.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка	39
3.1.6. Вибір меж стрижнів та розмірів знаків.....	40

					ФЛ611.61303.1110.0000						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Кондратенко І.О.			Зміст			Літ.	Аркуш.	Аркушів	
Перев.		Ковальчук О.Г.								9	3
Н. Контр.								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ			
Затв.											

3.1.7.	Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення	42
3.1.8	Розрахунок розмірів опок	42
3.1.9	Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу у форму.....	45
3.1.10	Розрахунок площ елементів ливникової системи	45
3.1.11	Характеристика модельного комплекту	51
3.1.12	Вибір формувальних і стрижневих сумішей.....	53
3.1.13	Технологія приготування сумішей.....	53
3.1.14	Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми.....	54
3.1.15	Устаткування та інструменти	55
3.1.16	Технологія виготовлення стрижнів.....	55
3.1.17	Фінішні операції.....	56
3.1.18	Розрахунок піднімальної сили.....	57
3.1.19	Можливі дефекти виливка	60
3.1.20	Техніко-економічні показники	61
3.1.21	Вихід придатного литва	63
3.2	Розроблення технологічного процесу випоавляння металу та заливання форм.....	64
3.2.1	Характеристика використовуваного сплаву	64
3.2.2	Шихтові матеріали та їх підготовка.....	64
3.2.3	Вибір плавильного агрегату.....	65
3.2.4	Технологічний процес плавлення	66
3.2.5	Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі.....	66
4	ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ	67
4.1	Призначення та межі використання	67
4.2	Кінетична схема машини	67
4.3	Розрахунок піскострільного резервуару та основни конструкторських параметрів піскострільної машини	69
4.3.1	Розрахункова схема піскострільного резервуару	69
4.3.2	Визначення діаметру гільзи піскострільного резервуару.....	70
4.3.3	Визначення висоти верхньої та нижньої частин гільзи піскострільного резервуару	71

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4.3.4	Визначення загальної висоти гільзи піскострільного резервуару ...	71
4.3.5	Визначення діаметру отвору вдувного клапану	72
4.3.6	Визначення ширини прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару	72
4.3.7	Визначаємо площу перетину прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару	72
4.3.8	Визначення кількості прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару	73
4.3.9	Визначення діаметру вдувного отвору насадки піскострільного резервуару	75
4.3.10	Призначення кута нахилу, утвореного конічною насадкою піскострільної машини	76
4.3.11	Визначення сумарного перетину вент в піскострільній насадці	76
4.3.12	Визначення кількості вент в піскострільній насадці.....	76
4.3.13	Визначаємо об'єм ресивера.....	77
4.3.14	Визначення зусилля притискання столу машини	78
4.3.15	Визначення діаметра поршня притискного пристрою	79
4.3	Технічна характеристика піскострільної машини та догляд за нею ...	80
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ	81
5.1	Визначення капітальних вкладень на стрижневе відділення	81
5.2	Визначення кількості та заробітної плати робітників.....	83
5.3	Визначення планової собівартості продукції стрижневого відділення..	85
5.4	Розрахунок продуктивності праці на дільниці	87
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	89
6.1	Загальна характеристика умов праці у відділенні.	89
6.2	Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів.....	91
6.3	Шкідливі речовини	91
6.4	Механізми і вироби, що рухаються.....	93
6.5	Шум	94
	ВИСНОВКИ.....	96
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	97
	ДОДАТКИ.....	99

ВСТУП

Задачею даної роботи є проектування стрижневого відділення заводу легкових автомобілів потужністю 12000 тон придатних виливків на рік.

При проектуванні відділення необхідно забезпечити його високий технічний рівень та економічну ефективність. Відділення спроектоване для серійного виробництва виливків із чавуну. Для проектування технологічних відділень необхідно проаналізувати виробничу програму і визначити вихідні дані.

Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Плунжер» масою 91 кг із сірого чавуну марки СЧ-20. Відповідно до деталі потрібно виконати аналіз можливих способів виготовлення, положення виливка у формі, розрахувати розміри ливникової системи і стрижнів. Готова деталь повинна мати задану структуру та властивості.

Проектування ливарного устаткування відбувається на основі машин, які будуть обрані для стрижневого відділення.

Організаційно-економічна має визначити кількість робітників, та їх заробітної плати, капітальні вкладення та річні затрати відділення.

У розділі охорона праці має бути наведено: аналіз небезпечних та шкідливих факторів, заходи з охорони праці, умови для забезпечення безпеки праці.

					ФЛ611.61303.1110.0000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Разроб.		Кондратенко І.О.					
Перев.		Ковальчук О.Г.					
Н. Контр.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		
Затв.							
					Лит.	Аркуш.	Аркушів
						12	1

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ

1.1 Виробнича програма

Чавуноливарний цех заводу легкових автомобілів потужністю 12000 тон придатних виливків за рік призначений для виготовлення виливків з високоміцного та сірого чавуну.

Так як номенклатура виливків складає менше ніж 200 позицій та серійність більше 1000 шт./рік, то даний цех серійного виробництва.

Номенклатуру виливків поділяємо на дві групи:

1 - маса до 10 кг;

2 - маса понад 70 кг.

Кількість виробів на річну програму визначаємо з відношення потужності цеху до сумарної маси металу кожного виробу[1]:

$$K = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^n m_j}, \quad (1.1)$$

де Π – потужність ливарного цеху: $\Pi = 12000$ т.;

m_j – маса металу, яка необхідна для виготовлення i -го виробу, кг.

$$\sum_{i=1}^n m_j = 1,0366 \text{ т}$$

$$K = 12000/1,0366 = 11\,576 \text{ виробів за рік}$$

Відділення буде виготовляти 11576 виробів за рік.

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЦЕХУ			
Разроб.		Кондратенко І.О.						
Перев.		Ковальчук О.Г.						
Н. Контр.								
Затв.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1			
					Лит.	Аркуш.	Аркушів	
							13	9

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменуван ня деталі	Матеріал випливка	Маса випливка, кг	Кількість деталей на 1 виріб, кг	Маса випливків на 1 виріб, кг	Габаритні розміри випливка, мм			Режим термічного оброблення
							довжина	ширина	висота	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЛ-6101	Плунжер	СЧ20	109	1	109	667,5	410	305	Відпал
2	ФЛ-6102	Корпус редуктора заднього моста	ВЧ 500-2	96	1	96	280	Ø410		Відпал
3	ФЛ-6103	Кришка редуктора заднього моста	ВЧ 500-2	84	1	84	70	Ø410		Відпал
4	ФЛ-6104	Колінчатий вал	ВЧ 700-2	180	1	180		Ø220	730	Відпал
5	ФЛ-6105	Розподільний вал	ВЧ 700-2	83	1	83		Ø100	450	Відпал
6	ФЛ-6106	Супорт переднього гальма	ВЧ 700-2	2,3	2	4,6	150	200	70	Відпал
7	ФЛ-6107	Шків колінчатого вала	СЧ-20	151	2	302		Ø500	110	Відпал
8	ФЛ-6108	Гільза блока циліндрів	СЧ-20	2,6	4	10,4		Ø100	130	Відпал
9	ФЛ-6109	Кільце заднього гальмівного барабана	ВЧ 500-2	1,2	2	2,4		Ø100	30	Відпал

ФЛ611.61303.1110.0000

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Продовження таблиці 1.1										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					10	ФЛ-6110	Коробка диференціала	ВЧ 500-2	2,7	1	2,7		Ø150	30	Відпал
					11	ФЛ-6111	Маточина	СЧ-20	8,5	2	17		Ø100	150	Відпал
					12	ФЛ-6112	Шестерня привода оливового насоса	СЧ-20	0,6	1	0,6		Ø70	20	Відпал
					13	ФЛ-6113	Валик привода оливового насоса	ВЧ 500-2	1,1	1	1,1	30	25	20	Відпал
					14	ФЛ-6114	Диск зчеплення 1	ВЧ 500-2	4,8	1	4,8		Ø130	50	Відпал
					15	ФЛ-6115	Диск зчеплення 2	ВЧ 500-2	5,6	1	5,6		Ø130	55	Відпал
					16	ФЛ-6116	Зірочка 1	СЧ-20	6,2	4	24,8		Ø200	30	Відпал
					17	ФЛ-6117	Зірочка 2	СЧ-20	5,4	3	16,2		Ø170	30	Відпал
					18	ФЛ-6118	Важіль	СЧ-20	7,2	2	14,4		Ø70	260	Відпал
					19	ФЛ-6119	Гільза двигуна 1	СЧ-20	6,2	4	24,8		Ø100	310	Відпал
					20	ФЛ-6120	Гільза двигуна 2	СЧ-20	5,8	4	23,2		Ø115	170	Відпал
					21	ФЛ-6121	Гільза двигуна 3	СЧ-20	3,4	4	13,6		Ø70	185	Відпал
					22	ФЛ-6122	Гільза двигуна 4	СЧ-20	4,1	4	16,4		Ø75	200	Відпал

ФЛ611.61303.1110.0000

Арк. 15

1.2 Аналіз виробничої програми

За номенклатурою виливків ливарного цеху (табл. 1.1) визначаємо подетальну виробничу програму (табл. 1.2).

Визначаємо річну програму випуску виливків на основі виробництва, запасні частини та сумарне значення для кожної масової групи.

Масу на запасні частини приймаємо 15 % для першої масової групи та 10 % для другої від маси виливка[1].

Сумарна маса виливків на річну програму повинна відповідати завданню.

За виробничою програмою бачимо що для виготовлення 12 000 виробів потрібно виготовити 463040 деталей.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Подетальна виробнича програма ливарного цеху

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
				готової деталі	виливка	шт	кг	на основі виробництва		на запасні частини			всього	
								шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Перша масова група														
1	ФЛ-6104	Колінчатий вал	ВЧ 700-2	150	180	1	180	9840	17712	15	1736	312,552	11576	2083,68
2	ФЛ-6107	Шків колінчатого вала	СЧ-20	125	151	2	302	19679	2972	15	3473	524,3928	23152	3495,952
3	ФЛ-6101	Плунжер	СЧ20	91	109	1	109	9840	1073	15	1736	189,2676	11576	1261,784
4	ФЛ-6102	Корпус редуктора заднього моста	ВЧ 500-2	80	96	1	96	9840	945	15	1736	166,6944	11576	1111,296
5	ФЛ-6103	Кришка редуктора заднього моста	ВЧ 500-2	70	84	1	84	9840	8267	15	1736	145,8576	11576	972,384
6	ФЛ-6105	Розподільний вал	ВЧ 700-2	68	83	1	83	9840	817	15	1736	144,1212	11576	960,808
Всього													81032	9885,904
Друга масова група														
7	ФЛ-6111	Маточина	СЧ-20	6,8	8,5	2	17	20837	178	10	2315	19,6792	23152	196,792
8	ФЛ-6118	Важіль	СЧ-20	5,76	7,2	2	14,4	20837	150	10	2315	16,66944	23152	166,6944
9	ФЛ-6116	Зірочка 1	СЧ-20	4,96	6,2	4	24,8	41674	259	10	4630	28,70848	46304	287,0848
10	ФЛ-6119	Гільза двигуна 1	СЧ-20	4,96	6,2	4	24,8	41674	259	10	4630	28,70848	46304	287,0848
11	ФЛ-6120	Гільза двигуна 2	СЧ-20	4,64	5,8	4	23,2	41674	242	10	4630	26,85632	46304	268,5632
12	ФЛ-6115	Диск зчеплення 2	ВЧ 500-2	4,48	5,6	1	5,6	10418	59	10	1158	6,48256	11576	64,8256

ФЛ611.61303.1110.0000

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

17

Продовження таблиці 1.2														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	ФЛ-6117	Зірочка 2	СЧ-20	4,32	5,4	3	16,2	31255	169	10	3473	18,75312	34728	187,5312
14	ФЛ-6114	Диск зчеплення 1	ВЧ 500-2	3,84	4,8	1	4,8	10418	50	10	1158	5,55648	11576	55,5648
15	ФЛ-6122	Гільза двигуна 4	СЧ-20	3,28	4,1	4	16,4	41674	171	10	4630	18,98464	46304	189,8464
16	ФЛ-6121	Гільза двигуна 3	СЧ-20	2,72	3,4	4	13,6	41674	142	10	4630	15,74336	46304	157,4336
17	ФЛ-6110	Коробка диференціала	ВЧ 500-2	2,16	2,7	1	2,7	10418	29	10	1158	3,12552	11576	31,2552
18	ФЛ-6108	Гільза блока циліндрів	СЧ-20	2,08	2,6	4	10,4	41674	109	10	4630	12,03904	46304	120,3904
19	ФЛ-6106	Супорт переднього гальма	ВЧ 700-2	1,84	2,3	2	4,6	20837	48	10	2315	5,32496	23152	53,2496
20	ФЛ-6109	Кільце заднього гальмівного барабана	ВЧ 500-2	0,96	1,2	2	2,4	20837	25	10	2315	2,77824	23152	27,7824
21	ФЛ-6113	Валик привода оливового насоса	ВЧ 500-2	0,88	1,1	1	1,1	10418	12	10	1158	1,27336	11576	12,7336
22	ФЛ-6112	Шестерня привода оливового насоса	СЧ-20	0,48	0,6	1	0,6	10418	6	10	1158	0,69456	11576	6,9456
Всього													463040	2113,778
Разом														11999,68

1.3 Режим роботи цеху і фонди часу

Так як цех заводу легкових автомобілів серійного виробництва режим роботи обираємо двозмінний.

Даний режим роботи передбачає 40-годинниц робочий тиждень та 250 робочих днів на рік. Виходячи з цих даних визначаємо дійсний фонд часу роботи устаткування і робітників.

Склади та дільниця термічного оброблення працюють у три зміни.

Календарний фонд часу розраховуємо за формулою[2]:

$$\Phi_{\text{н}} = P \cdot \Gamma \quad (1.3)$$

де P – кількість днів у році;

Γ - кількість годин, яка залежить від кількості змін, 1 зміна = 8 годин.

$$\Phi_{\text{к}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год};$$

Номінальний фонд часу розраховуємо за формулою[2]:

$$\Phi_{\text{н}} = C \cdot \Gamma \quad (1.4)$$

де C – кількість робочих днів у році;

Γ - кількість годин, яка залежить від кількості змін, 1 зміна = 8 годин.

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год}$$

Дійсний фонд часу розраховуємо за формулою[2]:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - B \quad (1.5)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де В – витрати часу на освоєння виробництва, а також форс-мажорні обставини, В = 40 год

Тоді враховуючи все вище перераховане, отримуємо:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

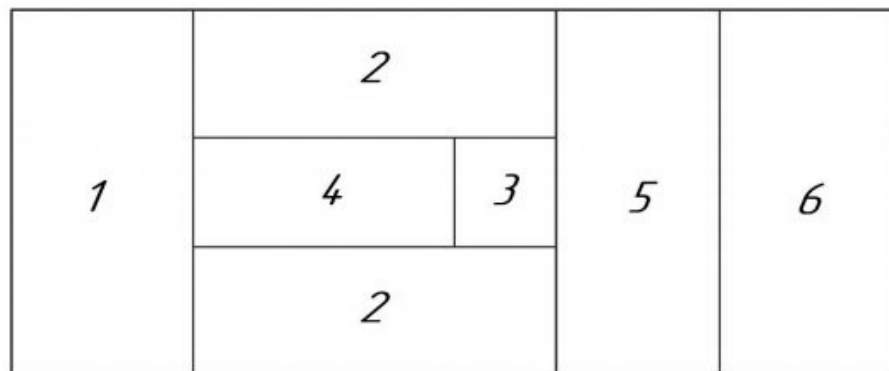
Всі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу зведено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Режим роботи ливарного цеху та фонди часу

Індекс позиції	Назва відділення, дільниці, устаткування	К-сть робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год	
			устаткування [1]	робітника
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти	2	3680	1840
2	Формувальне відділення	2	3680	1840
3	Сумішоприготувальне відділення з бункерами для вихідних матеріалів і бункерами відстійниками	2	3680	1840
4	Стрижневе відділення із складами зберігання стрижнів і стрижневих ящиків	2	3680	1840
5	Відділення фінішних операцій	2	3680	1840
6	Дільниця термічного оброблення	3	5520	1840
7	Склади	3

1.4 Тип і структура цеху

На малюнку 1.1 наведена схема компонування ливарного цеху, з яким ми будемо в подальшому працювати.



- 1 – плавильне відділення і склад шихтових матеріалів;
 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення;
 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – стрижневе відділення;
 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції

Рисунок 1.1 – Схема компонування ливарного цеху

2. РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ

2.1 Організація роботи та вибір технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення стрижнів із ХТС, дозволяє виготовляти стрижні масою до 600 кг високої точності і міцності. Перевагою даного процесу є точність і висока міцність стрижнів та достатню вибиваємість.

Виготовлення стрижнів відбувається на піскострільних машинах для кожної із двох масових груп: стрижні до 6,6 кг та від 6,6 до 75 кг.

Низька живучість суміші передбачає встановлення змішувачів у стрижневому відділенні.

Так як у нас чавуноливарних цех стрижні фарбуємо водною графітовою протипригарною фарбою. Склад та властивості фарби наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Склад та властивості водної протипригарної фарби

Склад, %			Властивості		
Графіт ГЛ-1	ЛСТ	Розчин ПМІ в'язкістю, 21...23 с	В'язкість	СНЗ, мгс/см	Щільність, кг/м ³
10	5	60	55...60	3,8...4,2	1350...1400

Стрижні першої групи (до 6,6 кг) фарбуємо один раз, другої групи два рази.

Холоднотвердну суміш обираємо на основі смоли БС-40[3]. Склад та властивості показані в таблиці 2.2.

					ФЛ611.61303.1110.0000					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Разроб.		Кондратенко І. О.			РОЗРАХУНОК СТРИЖНЕВОГО ВІДДІЛЕННЯ			Л/т.	Аркуш.	Аркушів
Перев.		Ковальчук О.Г.							22	14
								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		
Н. Контр.										
Затв.										

Таблиця 2.2 – Склад та властивості ХТС зі смолами

Склад ХТС, мас.			Властивості			
Марка смоли	вміст смоли у суміші, мас. част.	затверджувач H_3PO_4	живучість, хв.	міцність при розриванні через 1 год., МПа	міцність при розриванні через 24 год. МПа	час твердіння, хв.
БС-40	1,8...2,0	0,6...0,8	5...10	0,15...0,20	0,8...1,0	до 40

2.2 Обсяг виробництва та номенклатура стрижнів

Визначаємо виливки, для яких необхідно використовувати стрижні, габаритні розміри, їх масу та масу стрижнів на річну програму. Дані заносимо в таблицю 2.3.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Обсяг виробництва стрижневого відділення

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Річна кількість виливків, шт.	Стрижні			Потреба в стрижнях, шт.			Маса стрижнів на річну програму, т
				номер	габаритні розміри, мм	маса, кг	на виливок	на річний випуск виливків	річна з урахуванням браку виливків та стрижнів	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЛ-6101	Колінчатий вал	11576	1	300×60×280	8,316	1	11576	12734	105,89
				2	100×60×280	2,772	2	23152	25467	70,60
				3	30×60×280	0,8316	1	11576	12734	10,59
2	ФЛ-6102	Шків колінчатого вала	23152	1	150×150×160	5,94	1	23152	25467	151,28
3	ФЛ-6103	Плунжер	11576	1	437×179×114	14,71375	1	11576	12734	187,36
				2	437×179×114	14,71375	1	11576	12734	187,36
				3	618×270×270	74,33613	1	11576	12734	946,57
4	ФЛ-6104	Корпус редуктора заднього моста	11576	1	153×326×326	26,82938	1	11576	12734	341,6
				2	126×60×60	1,40	1	11576	12734	17,85
5	ФЛ-6107	Маточина	23152	1	235×40×40	0,62	1	23152	25467	15,80
6	ФЛ-6109	Зірочка 1	46304	1	64×35×35	0,13	1	46304	50934	6,59
7	ФЛ-6110	Гільза двигуна 1	46304	1	320×90×90	4,28	1	46304	50934	217,8
8	ФЛ-6111	Гільза двигуна 2	46304	1	200×105×105	3,64	1	46304	50934	185,3
9	ФЛ-6112	Диск зчеплення 2	11576	1	62×68×68	0,47	1	11576	12734	6,02
10	ФЛ-6113	Зірочка 2	34728	1	46×40×40	0,12	1	34728	38201	4,64
11	ФЛ-6114	Диск зчеплення 1	11576	1	65×39×39	0,16	1	11576	12734	2,08
12	ФЛ-6115	Гільза двигуна 4	46304	1	235×60×60	1,40	1	46304	50934	71,10

ФЛ611.61303.1110.0000

Зм.											
Арк.											
№ докум.											
Підпис											
Дата											
ФЛ611.61303.1110.0000											
Арк.											
25											

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	ФЛ-6116	Гільза двигуна 3	46304	1	210×55×55	1,05	1	46304	50934	53,39
14	ФЛ-6117	Коробка диференціала	11576	1	58×130×130	1,62	1	11576	12734	20,59
				2	32×25×25	0,03	5	57880	63668	2,10
15	ФЛ-6118	Гільза блока циліндрів	46304	1	165×80×80	1,74	1	46304	50934	88,75
16	ФЛ-6119	Супорт переднього гальма	23152	1	32×45×23	0,05	1	23152	25467	1,39
17	ФЛ-6120	Кільце заднього гальмівного барабана	23152	1	75×44×44	0,24	1	23152	25467	6,10
18	ФЛ-6122	Шестерня привода оливового насоса	11576	1	35×20×20	0,02	1	11576	12734	0,29

2.3 Вибір устаткування

За обсягом виробництва стрижневого відділення поділяємо стрижні та устаткування для їх виготовлення на дві групи:

I група (для виливків до 6,6 кг) – 611213 штук на річну програму, зйомів 268466 шт.

II група (для виливків від 6,6 до 75 кг) – 63668 штук на річну програму, зйомів 32895 шт.

Через те, що стрижні кожної групи достатньо відрізняються за масою та розмірами їх виготовлення буде відбуватися на двох машинах.

Виходячи з розмірів та мас стрижнів обираємо піскострільні машини моделі 2Б83М та 23229А2А [4], 1-ша і 2-на масова група стрижнів відповідно (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Розподіл стрижнів за групами та способами виготовлення

Група стрижнів за масою	Середня маса стрижня	Спосіб виготовлення	Кількість стрижнів, шт/т			
			за рік	на машині 2Б83М	на машині 23229А2А	всього
до 6,6 кг	1,4	піскострільний	655,59	655,59		655,59
від 6,6 до 75	27,8	піскострільний	67,26		67,26	67,26
Всього			722,86	655,59	67,26	722,86

Кількість стрижневих машин визначаємо за формулою:

$$L_c = V_p \cdot K_n / (\Phi_d \cdot q), \quad (2.1)$$

де V_p – річна кількість зйомів, шт.;

K_n – коефіцієнт нерівномірності виготовлення та використання стрижнів, приймаємо $K_n = 1,3$.

Φ_d – дійсний фонд часу для стрижневого відділення $\Phi_d = 3680$ год.;

q – продуктивність машини, зйомів/год.

Для машини 2Б83М:

$$L_c = \frac{268466 \cdot 1,3}{3680 \cdot 300} = 0,31$$

Для машини 23229А2А:

$$L_c = \frac{32895 \cdot 1,3}{3680 \cdot 54} = 0,21$$

Коефіцієнт завантаження устаткування розраховується за формулою:

$$K_z = L_c / n, \quad (2.2)$$

де n – прийнята кількість машин.

Для машини 2Б83М:

$$K_z = \frac{0,31}{1} = 0,31$$

Для машини 23229А2А:

$$K_z = \frac{0,21}{1} = 0,21$$

Дані щодо розрахунку кількості стрижневих машин та завантаження устаткування наведено в табл. 2.5.

Розрахована кількість стрижневих машин в табл. 2.6.

Зведені дані по стрижневому відділенню наведені в табл. 2.7.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Завантаження устаткування для виготовлення стрижнів

Індекс позиції	Код деталі	Назва деталі	№ стрижня	Кількість зйомів	Тип стрижневої машини	Продуктивність з устаткування зйомів за годину	Необхідна кількість стрижневих машин	Маса стрижнів на річну програму, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ФЛ-6101	Колінчатий вал	1	3183	23229A2A	54	1	105,89
			2	12734	2Б83М	300		70,60
			3	3183	2Б83М	300		10,59
2	ФЛ-6102	Шків колінчатого вала	1	25467	2Б83М	300		151,28
3	ФЛ-6103	Плунжер	1	6367	23229A2A	54		187,36
			2	6367	23229A2A	54		187,36
			3	12734	23229A2A	54		946,57
4	ФЛ-6104	Корпус редуктора заднього моста	1	4245	23229A2A	54		341,63
			2	6367	2Б83М	300		17,85
5	ФЛ-6107	Маточина	1	8489	2Б83М	300		15,80
6	ФЛ-6109	Зірочка 1	1	12734	2Б83М	300		6,59
7	ФЛ-6110	Гільза двигуна 1	1	50934	2Б83М	300		217,84
8	ФЛ-6111	Гільза двигуна 2	1	25467	2Б83М	300		185,31
9	ФЛ-6112	Диск зчеплення 2	1	4245	2Б83М	300		6,02
10	ФЛ-6113	Зірочка 2	1	9550	2Б83М	300		4,64

Продовження таблиці 2.5								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	ФЛ-6114	Диск зчеплення 1	1	3183	2Б83М	300	1	2,08
12	ФЛ-6115	Гільза двигуна 4	1	25467	2Б83М	300		71,10
13	ФЛ-6116	Гільза двигуна 3	1	16978	2Б83М	300		53,39
14	ФЛ-6117	Коробка диференціала	1	6367	2Б83М	300		20,59
			2	15917	2Б83М	300		2,10
15	ФЛ-6118	Гільза блока циліндрів	1	25467	2Б83М	300		88,75
16	ФЛ-6119	Супорт переднього гальма	1	6367	2Б83М	300		1,39
17	ФЛ-6120	Кільце заднього гальмівного барабана	1	6367	2Б83М	300		6,10
18	ФЛ-6122	Шестерня привода оливового насоса	1	3183	2Б83М	300		0,29

Таблиця 2.6 – Розрахунок кількості стрижневих машин

Група стрижнів	Дільниця	Потрібна кількість, шт				Тип стрижневих машин	Продуктивність	Кількість стрижневих машин		Коефіцієнт завантаження, К
		стрижнів		зйомів				розрахована	прийнята	
		за рік	за год	за рік	за год		зйомів за год			
до 6,6 кг	1	611213	70	268466	30	піско-стрільна	300	0,31	1	0,31
від 6,6 до 75	2	63668	8	32895	4	піско-стрільна	54	0,21	1	0,21

Так як живучість ХТС – 5...10 хв. змішувач для стрижневої суміші буде розташований у стрижневому відділенні.

З табл. 2.7 бачимо, що на річну програму потрібно 2701,12 т. ущільненої суміші.

Таблиця 2.7 – Зведені дані по стрижневому відділенню

Параметр	Витрати стрижнів, кг		У холодних ящиках, кг
	на одиницю литва	на річну програму	
Маса стрижня, кг	165,43	2701116,14	2701116,14
Кількість зйомів, шт	24,00	674880,80	674880,80

Оскільки продуктивність сумішоприготувального устаткування вказують у м³/год, потрібно перерахувати витрати сумішей з масових одиниць ущільненої суміші в об'ємні одиниці не ущільненої суміші за співвідношення [2]:

$$P_{HY} = 1,55 \cdot P_Y, \quad (2.3)$$

де P_{HY} – річна кількість суміші в не ущільненому стані, м³;

1,55 – коефіцієнт проведення масових часток з урахуванням ступеня ущільнення суміші ХТС.

Об'єм ущільненої суміші на річну програму визначаємо виходячи з маси та щільності стрижнів:

$$P_Y = \frac{m_{\text{ст.р.п.}}}{\rho_{\text{ст}}}, \quad (2.4)$$

де $m_{\text{ст.р.п.}}$ – маса стрижнів на річну програму;

$\rho_{\text{ст}}$ – ступінь ущільнення стрижня.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_y = \frac{2701116}{1650} = 1637 \text{ м}^3.$$

$$P_{\text{ну}} = 1,55 \cdot 1637 = 2538 \text{ м}^3.$$

Далі потрібно визначити орієнтовну продуктивність змішувача, так як в характеристиках вказана продуктивність за годину, визначаємо її:

$$q_{\text{розр.}} = P_{\text{ну}} / \Phi_{\text{д}} \quad (2.5)$$

$$q_{\text{розр.}} = \frac{2538}{3680} = 0,68 \text{ м}^3/\text{год}$$

За цими даними обираємо змішувач для ХТС моделі 19611 [3].

Кількість змішувачів визначаємо за формулою:

$$Z_M = \frac{P_{\text{ну}} \cdot K_H}{\Phi_{\text{д}} \cdot q}, \quad (2.6)$$

де $P_{\text{ну}}$ – річна кількість суміші в не ущільненому стані, м^3 ;

q – продуктивність змішувача, $\text{м}^3/\text{год}$;

K_H – коефіцієнт, який враховує нерівномірність видавання суміші.

$$Z_M = \frac{2538 \cdot 2}{3680 \cdot 1} = 1,37.$$

Отже в стрижневому відділенні буде встановлено 2 змішувача для кожної групи виготовлення стрижнів.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Енергетичні затрати стрижневого відділення

2.4.1 Електропостачання

Загальні витрати електроенергії у стрижневому відділенні визначаємо за формулою [5]:

$$W = (W_c + W_o) \cdot K, \quad (2.7)$$

де W – загальна кількість витрат електроенергії, кВт · год.

W_c – річні витрати електроенергії на роботу устаткування, кВт · год;

W_o – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

K – коефіцієнт втрат електроенергії у мережі, $K = 1,05$.

Річні витрати на роботу устаткування:

$$W_T = \sum n \cdot M \cdot \Phi_0 \cdot \eta_{зв} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.8)$$

де n – кількість машин, шт.;

M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$\eta_{зв}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6; для електродвигунів – 0,3; для генераторів високочастотного нагріву – 0,8);

K_2 – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

У відділенні споживають електроенергію два змішувача для ХТС та мостовий кран.

$$\begin{aligned} W_T &= 2 \cdot 3,55 \cdot 3680 \cdot 0,89 \cdot 0,3 \cdot 0,7 + 200 \cdot 3680 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = \\ &= 35795,32 \text{ кВт} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати електроенергії на освітлення приміщення:

$$W_0 = \frac{Sq\tau f}{1000}, \quad (2.9)$$

де S – освітлювальна площа, м^2 ;

q – поверхнева густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

$$W_0 = \frac{1152 \cdot 12 \cdot 2500 \cdot 0,8}{1000} = 29206,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Отже, загальні затрати електроенергії за рік становлять:

$$W = (35795,32 + 29206,7) \cdot 1,05 = 68252,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

2.4.2 Стиснуте повітря

У стрижневому відділенні за рахунок стиснутого повітря працюють дві піскострільні стрижневі машини.

Розрахунки витрат стиснутого повітря проводимо для кожної одиниці устаткування[5]:

$$Q_{\text{с.п}} = q \cdot \Phi_0 \cdot \eta, \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{с.п}}$ – витрати стиснутого повітря на одиницю устаткування, м^3 ;

q – середньогодинні витрати повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

η – коефіцієнт використання стиснутого повітря.

Витрати стиснутого повітря піскострільної машини 2Б83М:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{с.п1}} = 180 \cdot 3680 \cdot 0,8 = 529920 \text{ м}^3$$

Витрати стиснутого повітря піскострільної машини 23229А2А:

$$Q_{\text{с.п2}} = 162 \cdot 3680 \cdot 0,8 = 476928 \text{ м}^3$$

Сумарні витрати стиснутого повітря[5]:

$$Q_{\text{с.п.р}} = (1,5 \dots 1,8) \cdot \sum Q_{\text{с.п}}, \quad (2.11)$$

де 1,5...1,8 – коефіцієнт, яким враховують утрати стиснутого повітря через неущільнені з'єднання труб та виконання непередбачуваних робіт.

$$Q_{\text{с.п.р}} = 1,6 \cdot (529920 + 476928) = 1610956,8 \text{ м}^3/\text{рік}$$

2.4.2 Теплопостачання

Для опалювання приміщення використовуємо воду з температурою до системи споживання 150 °С з тиском 0,5 МПа, після 70 °С [1].

Кількість теплоти, яке потрібне для опалювання стрижневого відділення розраховуємо за формулою:

$$T = V_{\text{пр.}} \cdot q, \quad (2.12)$$

де $V_{\text{пр.}}$ – об'єм приміщення, м^3 ;

q – кількість теплоти потрібної для опалення відділення, $\text{Вт}/\text{м}^3$;

$$T = 11520 \cdot 130 = 1497600 \text{ Вт}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Проектування будівлі

Для ливарного цеху легкових автомобілів проектуємо будівлю каркасного типу. До основних складових каркасу входять колони, які встановлені на фундаменті, зв'язані між собою балки та ферми. Ферми та колони на які вони спираються утворюють поперечні рами пов'язані у поздовжньому напрямку фундаментними балками, підкрановими балками, а також ребрами жорсткості [6].

Колони у відділенні мають консолі для обпирання підкранових балок, прямокутний переріз 50×80 см.

Підкранові балки залізобетонні таврового перетину.

Ферма сегментна безроскоса залізобетонна.

Стіни виконані з цегли.

Покрівля рулонна багатошарова з водостійкого матеріалу, які укладаємо на бітумну мастику на утеплювач.

Підлогу виконуємо із бетонних плит з залізобетонним покриттям.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

3.1 Розроблення технології виготовлення ливарної форми

3.1.1 Загальна характеристика литої деталі «Плунжер»

Деталь “Плунжер” виготовляється з сірого чавуну марки СЧ20, має масу 91 кг та габаритні розміри 667,5×410×305 мм.

За складністю конфігурації виливок відноситься до третьої групи – виливки середньої складності відкритої циліндричної форми.

За масою виливок відноситься до другої групи – дрібні виливки (до 100 кг), маса виливка 91 кг.

Деталь “Плунжер” має важливе призначення. Він є однією з головних частин механізму, який працює під навантаженням в умовах тертя і високих частот.

Переважна товщина стінки 16 мм. Деталь має 1 наскрізний отвір, 4 глухих отвори, 5 отворів, які відливаються і 5 отворів які не відливаються. Також має фаски, які не виконуються литвом. Оброблювані поверхні деталі: 667,5 мм, 410 мм, Ø285мм, Ø325мм, 90мм із шорсткістю від 0,8 до 12,5 мкм.

Конструкція литої деталі “Плунжер” відповідає вимогам ливарної технологічності:

- зовнішня поверхня виливка забезпечує безперешкодне вилучення моделі з форми без необхідності застосовування відокремлюваних частин або встановлення стрижня;
- максимально вирівняні товщини стінок, наявні раціональні форми різних переходів, спряжень, ребер жорсткості та інших конструктивних елементів, сприяючих зниженню внутрішніх напружень та усуненню

					ФЛ611.61303.1110.0000					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Разроб.		Кондратенко І. О.			ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ		Л/т.	Аркуш.	Аркушів	
Перев.		Ковальчук О.Г.							36	31
							КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.										
Затв.										

дефектів усадкового характеру;

- має достатню кількість отворів для зручності оформлення стрижнями внутрішніх порожнин виливка, виконання обрубних та записних операцій, а також транспортування виливка.

Для виливка “Плунжер” хімічний склад чавуну марки СЧ20 (табл.3.1) та механічні властивості (табл.3.2).

Таблиця 3.1 – Масова частка компонентів СЧ20

Елемент	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %
Рекомендований вміст, %	3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	<0,20	<0,15

Таблиця 3.2 – Механічні властивості СЧ20

Властивість	Числове значення
Границя міцності на розривання, МПа	≥ 200
Твердість, НВ	170...241

3.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка

Виливок плунжер серійного виробництва та середнього литва, виходячи із цього обираємо технологічний процес лиття у піщано-глинясті форми по-сирому.

При формуванні по-сирому розплав заповнюючи порожнину форми швидко остигає, перегріваючи незначний шар суміші, за рахунок цього швидкість газоутворення в формі незначна і це дає змогу своєчасного виходу газу із форми.

Перевага даного методу полягає в тому, що при формуванні немає потреби сушити форму, це зменшує час виготовлення виливка та його собівартість.

Для виготовлення ливарної форми використовуємо струшувальні машини.

Для виготовлення стрижнів використовуємо піскострільні стрижневі машини.

Складання та заливання форм відбувається на ливарному конвеєрі.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання моделі і форми

При виборі площини рознімання моделі (форми) керуємося наступними положеннями згідно з ГОСТ 3.1125-88:

- число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальним (виконується);
- весь виливок або його основну частину слід розміщувати в нижній півформі (основна частина в нижній півформі);
- оброблювані поверхні розміщувати в нижній частині або вертикально (не повністю);
- забезпечити зручність та надійність встановлення стрижнів (виконується);
- площина розніму моделі повинна забезпечувати легке вилучення моделі, без виконання відокремлюваних частин (не виконується);
- забезпечити надійність та можливість контролю правильності складання (виконується);
- зручність підведення металу, забезпечення повного заповнення форми (виконується);
- забезпечити видалення газів і стрижнів, підведення металу і повного заповнення ним порожнини форми (виконується);
- забезпечити направлене твердіння (виконується).

Керуючись даними правилами, виливок розміщуємо в верхній і нижній півформах (тобто робимо рознім моделі і форми по осі). Таке положення зручне для підведення металу в порожнину ливарної форми та її повного заповнення, встановлення стрижнів, зручне для вилучення моделі.

Рознімання моделі і форми показуємо лінією, яка закінчується знаком "X - X", над якою показуємо позначення – МФ.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Положення виливка при заливанні показуємо суцільною основною лінією, обмеженою стрілками і перпендикулярною до лінії рознімання (рис. 1.1).

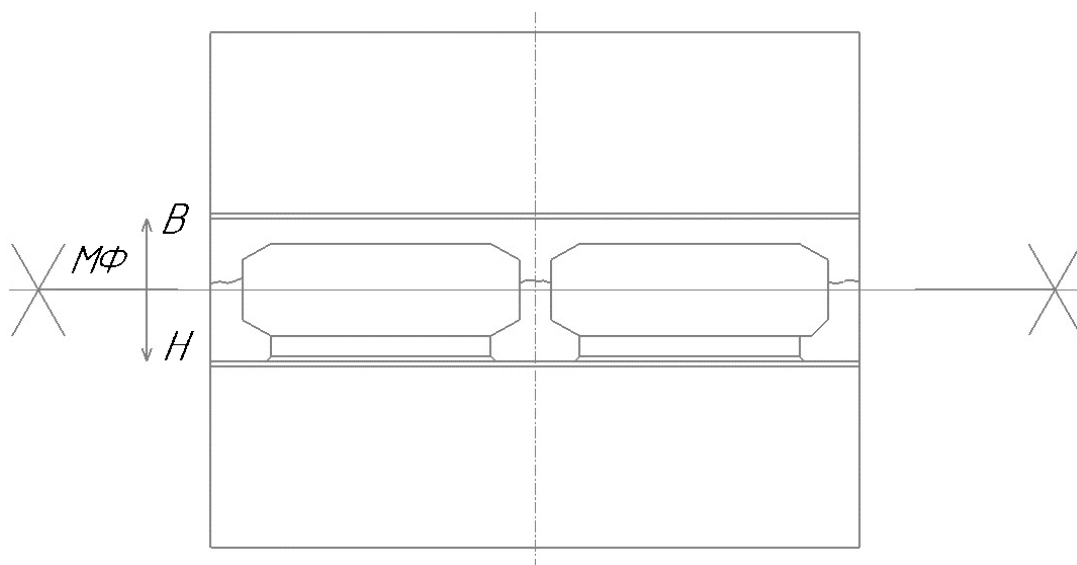


Рисунок 3.1 – Позначення лінії рознімання на кресленні

3.1.4 Усадка виливка

Для виливків із сірого чавуну лінійна усадка становить 0,9...1,3%, ливарна – 0,8...1,0%. Оскільки опір усадці створюють три стрижні, які використовуються для відтворення внутрішньої поверхні виливка, тому приймаємо усадку виливка 0,8%.

3.1.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповідності до вимог ГОСТ 26645-85. Вибір зводимо до табл.3.3 та 3.4.

Значення припуску на механічне оброблення показуємо цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

№	Найменування	Характеристика
1	Вид технологічного процесу	Лиття у сирі форми
2	Тип сплаву	Чавун СЧ20
3	Маса виливка, кг	91,0
4	Найбільший габаритний розмір, мм	667,5
5	Клас розмірної точності виливка	12
6	Ступінь жолоблення виливка	5
7	Ступінь точності поверхонь виливка	18
8	Клас точності маси виливка	13
9	Ряд припуску на механічне оброблення	12

Точність виливка 12-5-18-13 ГОСТ 26645-85.

Таблиця 3.4 – Припуски розмірів

Номинальний розмір, мм	667,5	410	∅285	90	∅325
Мінімальний допуск номінального розміру виливка, мм, не більше	10,0	9,0	8,0	5,6	8,0
Допуск форми та розміщення елементів виливка, мм, не більше	2,0	1,2	0,8	0,32	1,0
Загальний допуск на номінальні розміри, мм	10,0	10,0	8,0	6,4	8,0
Вид кінцевого оброблення	напів-чистове	напів-чистове	чистове	чистове	чистове
Припуск на механічне оброблення, мм, не більше	10,5	13,5	10,5	9,8	10,5

3.1.6. Вибір меж стрижнів та розмірів знаків

Для утворення внутрішньої поверхні виливка використовуємо стрижні. Встановлення стрижня і його фіксація у формі здійснюється стрижневими знаками. Розміри знака, зазори та кути визначаємо відповідно до ГОСТ 3212-92.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нашому виливку для виконання внутрішньої конфігурації потрібно встановити три стрижні відповідних розмірів і форми.

Довжина стрижневих знаків, кути та зазори вказані на кресленні та в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розміри стрижневих знаків, формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня і тип знаку	Довжина стрижневого знака, мм	Зазор S_1 , мм	Зазор S_2 , мм	Кут α	Кут β
Ст. 1, Ст. 2 горизонтальний	90	0,5	0,8	10°	15°
Ст. 1, Ст. 2 вертикальний	30	0,4	-	10°	-
Ст. 3 горизонтальний	85	0,6	0,9	5°	6°

У стрижнях 1, 2 використовуються вертикальний та горизонтальний знак.

Стрижень та його знаки зображуємо суцільною тонкою лінією.

Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній. Схема позначення технологічних зазорів показана на рисунку 3.2.

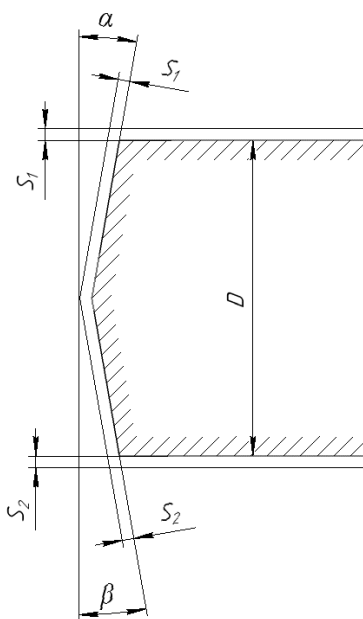


Рисунок 3.2 – Технологічні зазори

Напрями ущільнення стрижнів, рознімання в ящику та напрям виведення газів показуємо згідно ГОСТ 3.1125-88. Окрім цього також показуємо каркас, який встановлюється у стрижень. Обираємо сталевий дрововий каркас $\varnothing 8\text{мм}$.

3.1.7. Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення

Виходячи із розміщення елементів ливникової системи, габаритних розмірів та маси виливка розташовуємо у формі чотири виливка.

3.1.8 Розрахунок розмірів опок

Розрахунок розмірів опок включає в себе: вибір нормативних відстаней між виливками, стінками опоки та елементами ливникової системи для забезпечення достатнього шару суміші. Виходячи із цих даних розраховуємо ширину, довжину та висоту опоки і вибираємо опоку за встановленими стандартами.

Схема розміщення виливків у формі наведена на рис. 3.3.

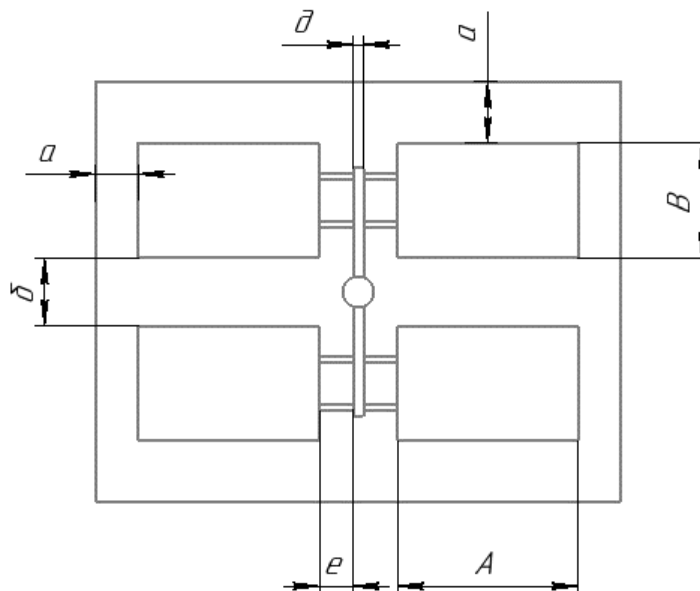


Рисунок 3.3 – Схема розміщення виливків у формі

Для середніх виливків значення необхідних для розрахунку нормативних відстаней вказані у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Нормативні відстані для середніх виливків

а	б	д	е
80	120	50	30

Довжина опоки:

$$L = 2 \cdot a + 2 \cdot A + 2 \cdot e + d, \quad (3.1)$$

де L – розрахункова довжина опоки, мм;

A – довжина виливка : $A = 748$ мм;

a – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

d – розмір живильника, мм.

$$L = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 748 + 50 + 30 = 1786 \text{ мм}$$

Ширина опоки:

$$C = 2 \cdot a + 2 \cdot B + b, \quad (3.2)$$

де C – розрахункова ширина опоки, мм;

a – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

b – ширина виливка: $b = 560$ мм;

$$B = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 560 + 120 = 1400 \text{ мм.}$$

Висота нижньої опоки:

$$H_{\text{нижн. оп.}} = H_{\text{нижн. мод.}} + B, \quad (3.3)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $H_{\text{нижн.мод.}}$ – частина моделі вилівка, яка знаходиться в нижній опоці:
 $H_{\text{нижн.мод.}} = 163 \text{ мм};$
 b – відстань від низа опоки до низа моделі: $b = 75 \text{ мм}.$

$$H_{\text{нижн. оп.}} = 163 + 75 = 238 \text{ мм}$$

Висота верхньої опоки:

$$H_{\text{вер.оп.}} = H_{\text{вер.мод.}} + \Gamma, \quad (3.4)$$

де $H_{\text{вер.мод.}}$ – частина моделі вилівка в верхній опоці: $H_{\text{вер.мод.}} = 163 \text{ мм};$
 Γ – відстань від верха моделі до верха опоки: $\Gamma = 90 \text{ мм}.$

$$H_{\text{вер.оп.}} = 163 + 90 = 253 \text{ мм}.$$

Відповідно з ГОСТ 15014-69, вибираємо литі опоки з розмірами, мм :

$$l \times b \times \frac{h_{\text{в}}}{h_{\text{н}}} = 2000 \times 1600 \times \frac{300}{300}.$$

Маса опок, відповідно верхньої і нижньої, складає по 1502 кг.

Центрування опок проводимо за допомогою центруючого і направляючого штирів.

Скріплення опок проводимо за допомогою скоб. Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою цапф.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.9 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу у форму

Ливникова система повинна забезпечувати: рівномірну і безупинну подачу рідкого металу в порожнину форми, затримання піску, неметалевих вкраплень та шлаку.

Щоб отримати якісний виливок потрібно обрати правильну конструкцію ливникової системи. За конфігурацією виливка застосовуємо ливникову систему з підведенням розплаву по площині рознімання.

Для лиття сірого чавуну марки СЧ-20 застосовуємо гальмівну ливникову систему.

Форму перерізу шлаковловлювача та живильника обираємо рівнобічну трапецію, а стояка – коло.

3.1.10 Розрахунок площ елементів ливникової системи

Ливникову систему починаємо розраховувати з визначення площі найвужчого перерізу – перерізу живильників, далі виходячи з площі живильника визначаємо площі перерізу шлаковловлювача та стояка і розміри їх перерізів.

Площа перерізу живильників на один виливок складає:

$$F_{жив.лив.} = \frac{Q_v}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \sqrt{H_p}}, \quad (3.5)$$

де Q_v – маса виливка, кг;

μ – коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу;

τ – тривалість заливання, с;

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

Знайдемо усі складові формули (3.1).

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масу виливка знайдемо за наступною формулою:

$$Q_v = (1,15 \dots 1,25) \cdot Q_{\text{дет}}, \quad (3.6)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, $Q_{\text{дет}} = 91$ кг.

$$Q_v = 1,2 \cdot 91 = 109,2 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт витрат μ для виливків, які заливаються в сиру форму, має значення $0,35 \dots 0,5$, приймаємо $\mu = 0,42$.

Тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = c/v, \quad (3.7)$$

де c – висота виливка в положенні при заливанні; см

v – середня швидкість підняття рівня металу в формі, см/с

$$\tau = 32,5 / 1,5 = 21,7 \text{ с}$$

Розрахунковий металостатичний напір залежить від розміщення виливка у формі та визначається за наступною формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (3.8)$$

де H_0 – відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми : $H_0 = H_{\text{верх.оп.}} + H_{\text{чаші}}$ мм;

P – висота частини виливка в верхній півформі: $P = 16,3$ см;

C – висота виливка в положенні при заливанні : $C = 32,5$ см.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_0 = 30 + 10 = 40 \text{ см}$$

$$H_p = 40 - \frac{16,3^2}{2 \cdot 32,5} = 35,91 \text{ см.}$$

Отримаємо значення площі перерізу живильників на один виливок:

$$F_{\text{жив.1вил.}} = \frac{109,2}{0,42 \cdot 21,7 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{35,91}} = 6,46 \text{ см}^2.$$

За конфігурацією та масою вилівка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

$$\Sigma F_{\text{жив.}} : \Sigma F_{\text{шл.}} : \Sigma F_{\text{ст.}} = 1 : 1,06 : 1,1 = 25,84 : 27,39 : 28,42 \quad (3.9)$$

де $\Sigma F_{\text{жив.}}$ – сумарний переріз живильників, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{шл.}}$ – сумарний переріз шлаковловлювача, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{ст.}}$ – сумарний переріз стояка, см^2 .

Розрахуємо розміри поперечного перерізу живильника.

Для підводу металу у порожнину форми використовуємо два живильники найбільш вживаної трапецієвидної форми.

Площа поперечного перетину одного живильника становить:

$$F_{\text{жив.}} = F_{\text{жив.}} \cdot \Sigma F_{\text{жив.}} / 8 = 25,84 / 8 = 3,23 \text{ см}^2. \quad (3.10)$$

Висоту живильника приймаємо конструктивно, з урахуванням розмірів місця підведення металу: $h_{\text{жив.}} = 22 \text{ мм}$. Ширина живильника по середній лінії трапеції:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_{жив.} = 12 \text{ мм}; C = 18 \text{ мм.}$$

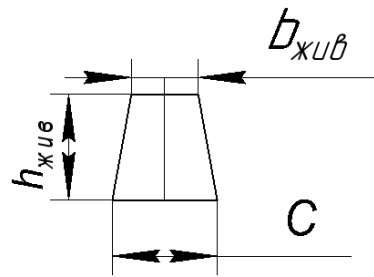


Рисунок 3.4 – Живильник

Площа поперечного перерізу шлаковловлювача дорівнює половині сумарної поперечної площі шлаковловлювачів у формі:

$$F_{шл} = \Sigma F_{шл} / 2 , \quad (3.11)$$

$$F_{шл} = 27,39 / 2 = 13,7 \text{ см}^2 .$$

Приймаємо шлаковловлювач трапецієподібної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$h_{шл.} = (2 \dots 3) \cdot h_{жив.} \quad (3.12)$$

де $h_{жив.}$ – висота живильника, мм

$$h_{шл.} = 2 \cdot 18 = 37 \text{ мм}$$

Відповідно, сторони:

$$b = 34 \text{ мм}; c = 40 \text{ мм.}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

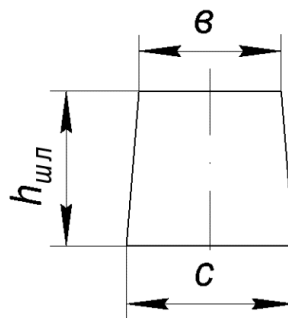


Рисунок 3.5 – Шлаковловлювач

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини.

$$F_{ст.} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.13)$$

Діаметр стояка в найвужчому місці розраховується за формулою:

$$d_{ст.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст.}}{\pi}},$$

$$d_{ст.} = 6,01 \text{ см} = 60 \text{ мм.}$$

Радіус зумпфа визначається за формулою:

$$R_3 = D_{ст} + (3 \dots 5) / 2$$

$$R_3 = (60 + 4) / 2 = 32 \text{ мм}$$

Об'єм визначається за формулою:

$$V_3 = 2/3 \cdot \pi \cdot R_3^3$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_3 = 2/3 \cdot 3,14 \cdot 3,2^3 = 68,6 \text{ см}^3$$

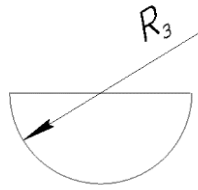


Рисунок 3.6 – Зумф

Лінійні розміри металопріймача визначаються наступним чином:

$$D_M = D_{CT} + (3 \dots 5) = 60 + 4 = 64 \text{ мм};$$

$$h_M = h_{шл.} + (3 \dots 5) = 37 + 3 = 40 \text{ мм}.$$

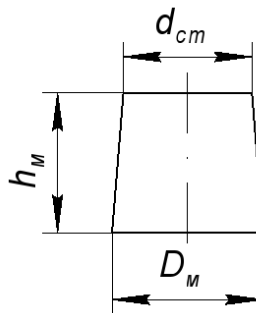


Рисунок 3.7 – Металопріймач

Випори використовуємо для виведення повітря та додаткового виведення газів з порожнини ливарної форми. Переріз випора в основі приймаємо 10 мм. Для одного виливка встановлюємо 2 випори.

Таблиця 3.7 – Розміри ливникової чаші

L, мм	M, мм	h, мм	R, мм	R ₁ , мм	R ₂ , мм	R ₃ , мм	r, мм	r ₁ , мм
240	95	170	45	50	75	70	20	10

					ФЛ611.61303.1110.0000			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				50

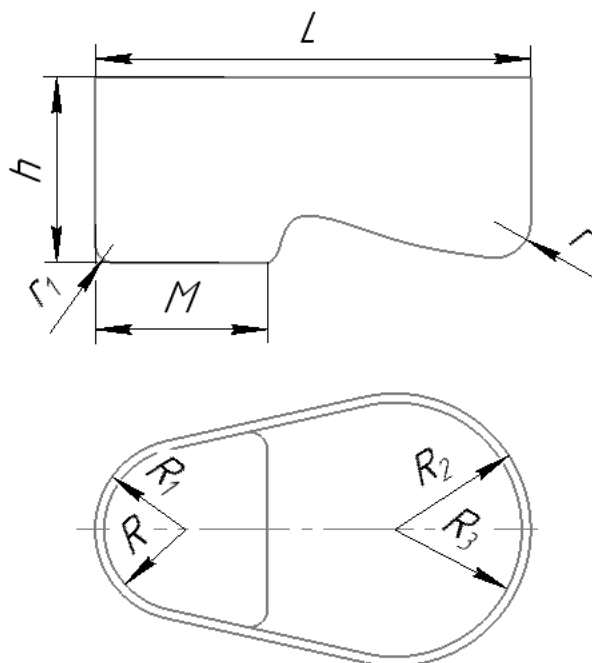


Рисунок 3.8 – Ливникова чаша

3.1.11 Характеристика модельного комплекту

Виготовлення елементів модельного комплекту здійснюємо з алюмінієвого сплаву марки АК12 ГОСТ 1583-93, за 6 класом точності ГОСТ 3212-92.

До складу модельного комплекту входить:

- модельна плита-2 шт.;
- модель вилівка роз'ємна -4 шт.;
- моделі елементів ливникової системи: 8 живилиників, 2 шлаковловлювача, 1 стояк, 8 випорів;
- стрижневий ящик - 2 шт.

В даному випадку модель є роз'ємною. Для зменшення маси модельного комплекту та економії матеріалу, модель виконуємо порожнистою з товщиною стінки 8 мм ГОСТ 21079-75. Для надання моделі жорсткості у порожнині виконуємо відповідні ребра товщиною 6 мм на всю висоту ГОСТ 21079-75.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

За конструкцією стрижневий ящик роз'ємний. Його виготовляють із двох частин. Площина розніму – горизонтальна. Робочі розміри ящика 510x264x141 мм. Скріплюємо ящик гвинтами, centruємо штирем.

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 3.5 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Робочі розміри моделей вилівка:

$$\alpha = l_p \cdot (1 + U/100), \quad (3.14)$$

де l_p – розмір деталі, мм;

U – усадка вилівка, %.

$$\alpha_1 = 667,5 \cdot (1 + 0,7/100) = 672 \text{ мм};$$

$$\alpha_2 = 410 \cdot (1 + 0,7/100) = 413 \text{ мм};$$

$$\alpha_3 = 305 \cdot (1 + 0,7/100) = 307 \text{ мм}.$$

Кріплення моделей на модельній плиті здійснюємо 28-ма болтами М8, centruвання моделей на модельній плиті здійснюємо за допомогою 8 штифтів.

Усі переходи між собою пересічними поверхнями плавні, мають галтелі, радіусом 8...10 мм (для моделей). Галтелі стрижневих ящиків мають радіус 4...5 мм.

Стрижневі знаки на моделі виконуємо у відповідності з ГОСТ 3212-92.

Готові моделі фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92:

- у червоний колір – модельний комплект, що використовується для виготовлення вилівок з чавуну;

- у чорний колір – поверхні стрижневих знаків та інших частин, що не заливаються.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.12 Вибір формувальних і стрижневих сумішей

Вибір складу формувальної та стрижневої суміші, визначається способом формування і видом сплаву, який заливається в порожнину ливарної форми.

У цьому проекті для виготовлення форм застосовуємо формувальні суміші по-сирому, а для виготовлення стрижнів застосовуємо ХТС. Склад та властивості вибраних наведені в таблицях 2.1 та 3.7.

Для підвищення термічної стійкості та можливості багаторазового використання суміші замість бентонітової глини використовуємо каолінову глину.

Таблиця 3.8– Склад і властивості суміші для формування по-сирому

Вид суміші	Склад суміші, мас.%					Властивості	
	оборотна суміш	кварцовий пісок		каолінова глина	газопроникність, од	міцність при стиску, МПа	вологість, %
		кількість	зернова група, мм				
Єдина для машинного формування	80...88	9,5...16,5	0,25	2...3	100...120	0,04...0,06	4...4,5

3.1.13 Технологія приготування сумішей

Для приготування суміші необхідно в усьому об'ємі рівномірно змішати компоненти та покрити поверхню зв'язувальним компонентом.

Піщано-глинясті суміші готуються у коткових змішувачах безперервної дії.

Щоб отримати суміш за вказаними характеристиками та складом потрібно:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- всі компоненти для приготування суміші, серед яких рідкі зв'язувальні компоненти та вода, повинні бути дозовані;
- у змішувач завантажуються спочатку сухі компоненти (кварцовий пісок, каолінова глина, оборотна суміш), а потім вода.
- компоненти перемішуються до однорідності та заданих властивостей сумішей.

3.1.14 Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми

Виливок відноситься до серійного виробництва, тому для виготовлення напівформ обираємо струшувальну формувальну машину з допресовкою і перекидним столом моделі 235М.

При формовці на струшувальних формувальних машинах потрібно виконати такі операції:

- обдути модельну плиту стисненим повітрям з сопла;
- обприскати модель розділовою рідиною за допомогою пульверизатора;
- встановити на модельну плиту опоку;
- заповнити опоку формувальною сумішшю і розрівняти її;
- рукояткою перевести машину в режим «струшування» для підйому столу та ущільнення суміші;
- згребти формувальну суміш щ верху опоки залишивши шар товщиною 10...12 мм для допресовки;
- встановити підпочний щиток;
- включити пневматичні затиски та поворотом рукоятки повернути стіл з опокою на 180°;
- перевести рукоятку в режим «пресування» для виконання допресовки;
- перевести рукоятку в режим «витяжка» в результаті чого відбувається вилучення моделі з напівформи та одночасним обдуванням модельної плити;

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- повернути стіл у вихідне положення.

3.1.15 Устаткування та інструменти

У процесі виготовлення форм та стрижнів використовуємо таке устаткування: струшувальну формувальну машину з допресовкою і перекидним столом моделі 235М для виготовлення форм, піскострільна стрижнева машина моделі 2Б83М для виготовлення стрижнів, лопатевий змішувач безперервної дії 19611 для приготування сумішей, фарбозмішувач для приготування протипригарної фарби, вибивна гратка моделі 31213.

3.1.16 Технологія виготовлення стрижнів

Стрижневий ящик виготовляється з алюмінієвого сплаву. Ящик з горизонтальним плоским роз'ємом. Каркас сталевий у виді дроту.

Для виготовлення стрижня на піскострільній машині 2Б83М потрібно виконати наступні операції:

- покривають внутрішню поверхню стрижневого ящика розділовим покриттям;
- встановлюють каркас;
- збирають стрижневий ящик;
- встановлюють стрижневий ящик на робочий стіл машини;
- затискають його пневматичними зажимами;
- надувають ящик стрижневою сумішшю;
- знімають ящик зі столу машини;
- витримують стрижень 20...30 хв;
- виконують вентиляційні канали;
- розбирають ящик і вилучають стрижень;
- фарбують стрижень;

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витримують 1...2 год до засихання фарби.

3.1.17 Фінішні операції

Виливки після видалення з ливарних форм тривалий час охолоджують, а потім їх передають у відділення фінішних операцій, де підвищують їх фізико-механічні властивості та надають їм належного товарного вигляду.

Елементи ливникової системи від виливків відокремлюють за допомогою повітряно-дугового різання.

Дробометальні камери використовують для видалення стрижнів та очищення виливків. Таке очищення виконується потоком чавунного або сталевго дробу, який спрямовується на поверхню виливка спеціальними головками або апаратами. Висока продуктивність і якість очищення виливків досягається високою швидкістю потоку дробу (70...80 м/с), яка створюється робочим колесом ротора, що обертається зі швидкістю близько 2500 хв⁻¹.

Обрубкування виливків виконують пневматичними молотками із зубилами та повітряно-дуговим різанням.

Зачищення виливків виконують на заточувальних шліфувальних барабанах.

Сучасні методи дають змогу виправляти різноманітні дефекти виливків без погіршення їх якості. Основними методами виправлення дефектів виливків є:

- декоративне замазування дрібних поверхневих раковин замазками і мастиками;
- просочування спеціальними розчинниками для усування поруватості виливків, які під час експлуатації піддаються гідравлічній дії;
- газове або електродугове заварювання.

Термічне оброблення виливків із сірого чавуну, марки СЧ-20, є економічно не вигідним, через малу міцність даної марки чавуну. Інколи для зняття внутрішніх напружень у виливках складної конфігурації із сірого чавуну використовують штучне, частіше природне, старіння, а іноді –

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

низькотемпературний відпал 500...600 °С для зняття внутрішніх напружень протягом 2...4 год., нагріванням зі швидкістю 70...100 °С/год., охолодженням зі швидкістю 20...50°С/год. до 250°С із подальшим охолодженням на повітрі. В нашому випадку, термічне оброблення потрібне, бо виливок тонкостінний, із стрижнями, є великі залишкові напруження.

Наступна операція – це контроль якості виливків, який складається з двох етапів – проміжного і остаточного. Проміжний контроль здійснюють у процесі очищення, обрубкування і зачищення виливків для вилучення із технологічного потоку бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл оброблення.

Після виконання вище названих операцій виливки транспортують на склад готової продукції.

3.1.18 Розрахунок піднімальної сили

Загальна піднімальна сила металу, яка діє на верхню півформу, розраховується за формулою:

$$P_{\Sigma} = k \cdot (P_{\text{впф}} + \Sigma P_{\text{сті}} + P_{\text{л.с.}}) - (G_{\text{впф}} + \Sigma G_{\text{сті}}), \quad (3.15)$$

де k – коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання, $k = 1,4$;

$P_{\text{впф}}$ – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н;

$G_{\text{впф}}$ – вага верхньої півформи, Н;

$P_{\text{сті}}$ – Архімедова сила, що діє на i -й стрижень, Н;

$G_{\text{сті}}$ – вага i -го стрижня, Н;

$P_{\text{л.с.}}$ – сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н;

Складові формули розраховуємо за наступною методикою:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{впф}} = F_{\text{г.пр.}} \cdot n \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g \cdot h_{\text{ср}}, \quad (3.16)$$

де $F_{\text{г.пр}}$ – площа горизонтальної проекції виливка, на яку діє піднімальна сила: $F_{\text{г.пр}} = 0,300875 \text{ м}^2$;

$\rho_{\text{м}}$ – щільність рідкого металу: $\rho_{\text{м}} = 7100 \text{ кг/м}^3$;

$h_{\text{ср}}$ – середній металостатичний напір: $h_{\text{ср}} = 0,36 \text{ м}$;

n – кількість виливків у формі: $n = 4$;

$g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ – прискорення земного тяжіння.

$$P_{\text{впф}} = 0,300875 \cdot 4 \cdot 7100 \cdot 9,81 \cdot 0,36 = 30177 \text{ Н.}$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи:

$$G_{\text{впф}} = (m_{\text{оп}} + m_{\text{сум}}) \cdot g, \quad (3.17)$$

де $m_{\text{оп}}$ – маса верхньої опоки, кг;

$m_{\text{сум}}$ – маса суміші в верхній напівформі, кг.

$$m_{\text{сум}} = (l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}} - (V_{\text{в}}' + V_{\text{ст}}') \cdot n) \cdot \rho_{\text{сум}}, \quad (3.18)$$

де $l_{\text{оп}}$, $b_{\text{оп}}$, $h_{\text{оп}}$ – довжина, ширина та висота верхньої опоки, м;

$V_{\text{в}}'$ – частина об'єму виливка, що знаходиться у верхній півформі, м^3 ;

$V_{\text{ст}}'$ – частина об'єму стрижнів, які знаходяться у верхній півформі, м^3 ;

$\rho_{\text{сум}}$ – щільність формувальної суміші: $\rho_{\text{сум}} = 1650 \text{ кг/м}^3$.

$$m_{\text{сум}} = (2,0 \cdot 1,6 \cdot 0,3 - (0,034 + 0,017) \cdot 4) \cdot 1650 = 1247 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{впф}} = (1502 + 1247) \cdot 9,81 = 26968 \text{ Н.}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо Архімедову силу, що діє на стрижні:

$$\Sigma P_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}}'' \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g, \quad (3.19)$$

де $V_{\text{сті}}''$ – частина об'єму і-го стрижня, що знаходиться під дією Архімедової сили, Н;

На стрижні діє Архімедова сила, $V_{\text{сті}}''=0,034 \text{ м}^3$, $V_{\text{сті}}'''=0,017 \text{ м}^3$

$$\Sigma P_{\text{сті}1}=4 \cdot 0,034 \cdot 7100 \cdot 9,81=9472 \text{ Н}$$

$$\Sigma P_{\text{сті}2}=4 \cdot 0,017 \cdot 7100 \cdot 9,81=4736 \text{ Н}$$

$$\Sigma P_{\text{сті}3}=4 \cdot 0,017 \cdot 7100 \cdot 9,81=4736 \text{ Н}$$

Розраховуємо вагу стрижнів:

$$\Sigma G_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot g, \quad (3.20)$$

де $V_{\text{сті}}$ - об'єм стрижня, м^3 .

$$\Sigma G_{\text{сті.1}} = 4 \cdot 0,034 \cdot 1650 \cdot 9,81 = 2201 \text{ Н.}$$

$$\Sigma G_{\text{сті.2}} = 4 \cdot 0,017 \cdot 1650 \cdot 9,81 = 1100 \text{ Н.}$$

$$\Sigma G_{\text{сті.3}} = 4 \cdot 0,017 \cdot 1650 \cdot 9,81 = 1100 \text{ Н.}$$

Розрахуємо силу тиску на верхню півформу в ливниковій системі:

$$P_{\text{л.с.}} = (b_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}} + b_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}}) \cdot g \cdot h_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}}, \quad (3.21)$$

де $b_{\text{ж}}$, $l_{\text{ж}}$ – ширина та довжина живильника, м;

$n_{\text{ж}}$ – кількість живильників у формі;

$b_{\text{шл}}$, $l_{\text{шл}}$ – ширина та довжина шлаковловлювача, м;

$h_{\text{м}}$ – металостатичний напір у ливниковій системі, м.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{л.с.}} = (0,014 \cdot 0,300 \cdot 8 + 0,034 \cdot 1,0) \cdot 9,81 - 0,3591 \cdot 7100 = 2548 \text{ Н}$$

Таким чином, загальна піднімальна сила:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot (30177 + 9472 + 4736 + 2548) - (26968 + 4401) = 34337 \text{ Н}$$

На форму необхідно встановити додатковий вантаж масою не менше 3434 кг.

3.1.19 Можливі дефекти виливка

До можливих дефектів виливка можуть відноситись наступні дефекти:

Таблиця 3.9 – Можливі дефекти виливка

Дефект	Причина	Заходи щодо попередження
Невідповідність геометрії		
Стрижневий перекіс	Перекіс стрижня під час проставлення його у форму	Рівномірне опускання стрижня у знакові частини
Дефекти поверхні		
Пригар	Фізична та хімічна взаємодія матеріалу форми з металом виливка	Застосування протипригарних фарб
Несуцільності у тілі виливка		
Газова раковина	Мала газопроникність форми	Збільшити кількість газовивідних каналів
Жолоблення	Значні залишкові напруження при охолодженні через нерівномірність охолодження	Збільшити податливість форми, підвищити технологічну дисципліну
Гарячі тріщини	Наявність «термічних вузлів», недостатня піддатливість	одночасне охолодження тонких і товстих частин

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.20 Техніко-економічні показники

Витрати формувальних матеріалів і стрижневих матеріалів на 1 тону виливків.

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{\text{фсум}} = V_{\text{ф}} - n_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} - V_{\text{л.с.}} - n_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}, \quad (3.22)$$

де $V_{\text{ф}}$ – об'єм форми, м^3 ;

$V_{\text{в}}$ – об'єм виливка, м^3 ;

$V_{\text{л.с.}}$ – об'єм ливникової системи, м^3 ;

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стрижня, м^3 ;

$n_{\text{в}}$ – кількість виливків;

$n_{\text{ст}}$ – кількість стрижнів.

$$V_{\text{ф}} = l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}} \quad (3.23)$$

де $l_{\text{оп}}$, $b_{\text{оп}}$, $h_{\text{оп}}$ – довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_{\text{ф}} = 2,0 \cdot 1,6 \cdot (0,3 + 0,3) = 1,92 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{в}} = Q_{\text{в}} / \rho_{\text{ме}}, \quad (3.24)$$

$$V_{\text{в}} = 109 / 7100 = 0,015 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{л.с.}} = Q_{\text{лс}} / \rho_{\text{ме}}, \quad (3.25)$$

$$V_{\text{л.с.}} = 72 / 7100 = 0,010 \text{ м}^3$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{ст}} = 2 \cdot 0,068 = 0,136 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{фсум}} = 1,92 - 4 \cdot 0,015 - 0,010 - 4 \cdot 0,068 = 1,578 \text{ м}^3$$

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{\text{фсум}} = (1,578 \cdot 1000 \cdot 1650) / (109 \cdot 4) = 5972 \text{ кг}$$

Кінцева маса формувальної суміші :

$$M_{\text{фс}} = M_{\text{фсум}} \cdot 1,1 = 5972 \cdot 1,1 = 6569 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші на одну форму становить :

$$M_{\text{ст.сум}} = \rho_{\text{ст.сум}} \cdot n_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}, \quad (3.26)$$

$$M_{\text{ст.сум}} = 1700 \cdot 4 \cdot 0,068 = 462,4 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші, потрібної для виготовлення 1 т придатних виливків:

$$M_{\text{стсум(на 1т)}} = (462,4 \cdot 1000) / (109 \cdot 4) = 1060 \text{ кг}$$

Кінцева маса стрижневої суміші :

$$M_{\text{стсум}} = M_{\text{стсум(на 1т)}} \cdot 1,1 = 1060 \cdot 1,1 = 1166 \text{ кг}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.21 Вихід придатного литва

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{техн}} = G_{\text{в}} \cdot 100\% / (G_{\text{в}} + G_{\text{л.с.}}), \quad (3.27)$$

$$ВП_{\text{техн}} = 436 \cdot 100 / (436 + 72) = 85,82 \%$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{мет}} = ((100 - У)(100 - В)(100 - Б)) ВП_{\text{техн.}} / 10^6, \quad (3.28)$$

де $У = 3 \%$ – угар чавуну при плавці в індукційній печі;

$В = 1,5\%$ – беззворотні втрати;

$Б = 3\%$ – брак для чавунних виливків.

$$ВП_{\text{мет}} = ((100 - 3) \cdot (100 - 1,5) \cdot (100 - 3) \cdot 85,82) / 10^6 = 75\%.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозавалки на 1 тонну придатного литва:

$$M_{\text{мз}} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{\text{мет}} \quad (3.29)$$

$$M_{\text{мз}} = 1000 \cdot 100 / 75 = 1333 \text{ кг}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розроблення технологічного процесу виплавляння металу та заливання форм

3.2.1 Характеристика використовуваного сплаву

Виливок виготовляється з чавуну марки СЧ-20, хімічний склад (табл.3.1) та механічні властивості (табл.3.2).

3.2.2 Шихтові матеріали та їх підготовка

Основні вимоги до шихти:

1. Хімічний склад повинен бути незмінним;
2. розмір компонентів повинен знаходитися на оптимальному рівні;
3. вологість повинна бути допустимою.

В цілому виділяють дві групи підготовчих операцій, це хімічна та механічна.

Для початку розглядаємо механічну підготовку:

1. Зберігання та складування шихтового матеріалу;
2. Подрібнення матеріалів (флюси, руди і т.д.);
3. Сорткування по розмірам;
4. Зневоднення вихідних матеріалів згущенням, сушінням і фільтруванням;
5. Приготування шихти, шляхом змішування її складових частин.

Транспортування шихтових матеріалів відбувається на візках.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3 Вибір плавильного агрегату

Плавлення чавуну буде проводитися в індукційній тигельній печі моделі ІЧТ-6, характеристика наведена в табл. 3.9.

Схема печі ІЧТ-6 представлена на рис. 3.8. Піч складається з металевого каркаса 1, тигля 3, індуктора 2, кришки 6 (з механізмом підйому), робочого майданчика 7, токо- і водопровідних пристроїв, укладених в кожусі 8. Каркас печі являє собою жорстку зварену конструкцію з листової сталі. Під зливним носком 5 розташована вісь 4 повороту печі.

Таблиця 3.10 – Характеристики печі ІЧТ-6

Ємність, т	6,0
Потужність, кВт	1600
Частота, Гц	50
Напруга на індукторі, В	1000
Максимальна продуктивність, кг/год	2200
Питома витрата електроенергії на розплавлення, кВт·год/т	546

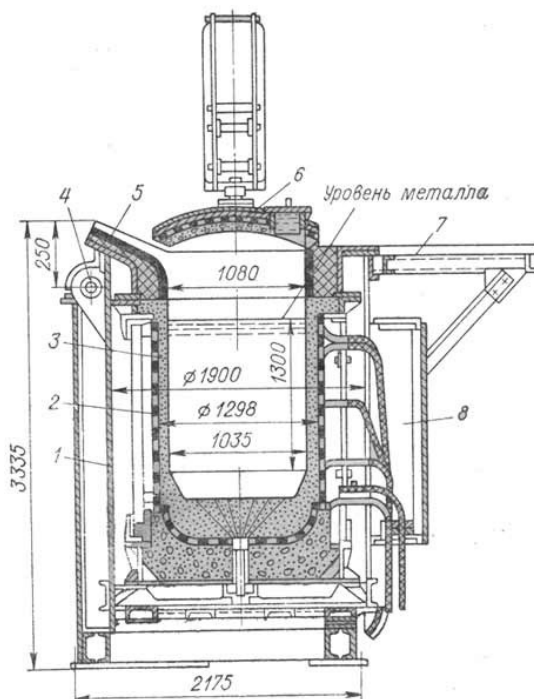


Рисунок 3.9 – Схема печі ІЧТ-6

3.2.4 Технологічний процес плавлення

Приготування сталевого розплаву потрібно провести:

- нагрів печі;
- завантаження шихти у піч;
- витримування до розплаву шихти;
- окиснювальний період;
- відновлення сталі; – випуск розплаву із печі.

Тривалість плавки біля 1,5 год.

3.2.5 Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі

Температура заливання чавуну залежить від складу, товщини стінки і шляху заповнення форми металом за конфігурацією виливка.

Рекомендована температура заливання 1420...1520°C. Для нашої плавки вибираємо 1460°C.

При випуску розплаву з печі витрачається від 50 до 100 °C.

При транспортуванні у ковшах від печі до форми втрачається біля 20°C за 1 хвилину. Середня тривалість 4 хвилини.

Враховуючи всі фактори втрати температур, температура випуску становить:

$$T_{\text{вип}} = 1460 + 70 + 20 \cdot 4 = 1610 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ

4.1 Призначення та межі використання

Піскострільна машина моделі 2Б83М забезпечує виготовлення стрижнів за рахунок ущільнення суміші стисненим повітрям в напівавтоматичному режимі.

Використовується для виготовлення стрижнів різної конфігурації масою до 6,6 кг у стрижневих ящиках з вертикальним роз'ємом.

Виготовлені стрижні мають достатню міцність, підвищену геометричну точність та чисту поверхню.

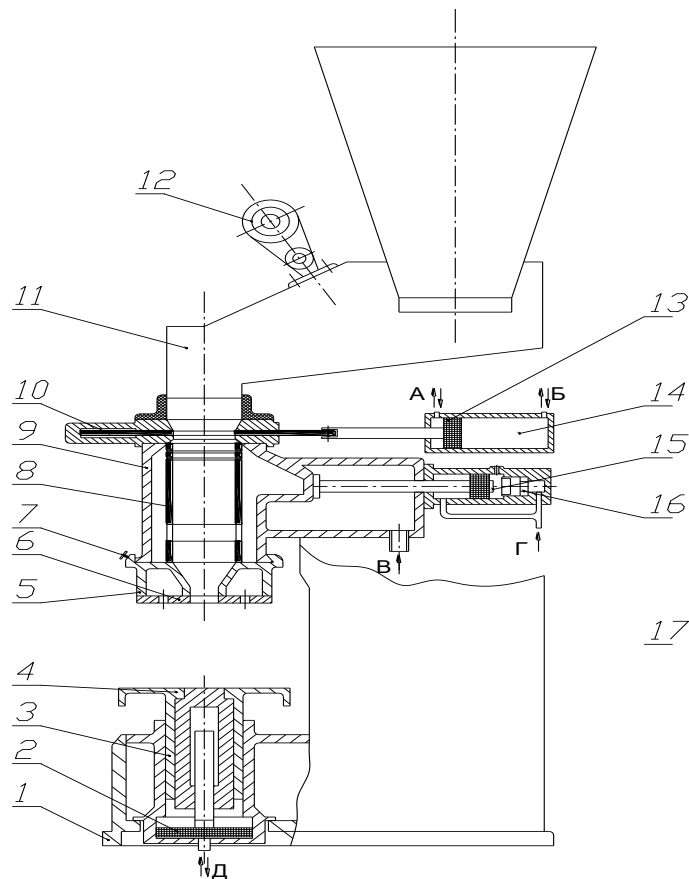
4.2 Кінетична схема машини

Кінематична схема стрижневої піскострільної машини зображена на рис. 4.1.

Машина складається зі станини 1, піскострільного резервуару 9, піднімального столу 4. Корпус піскострільного резервуару кріпиться до верхньої частини станини 1. Резервуар 9 має два вдувних клапани 15. Під час роботи машини стиснене повітря весь час поступає через отвір В і заповнює порожнину навколо клапана 15.

Стрижнева суміш подається в лоток 11, на якому закріплено пневматичний вібратор 12. При ввімкненні вібратора 12 стрижнева суміш сповзає по лотку 11 вниз у гільзу 8.

					ФЛ611.61303.1110.0000					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ			Л/т.	Аркуш.	Аркушів
Разроб.		Кондратенко І. О.								
Перев.		Ковальчук О.Г.							67	14
								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		
Н. Контр.										
Затв.										



1 – станина; 2 – втулка; 3 – поршень; 4 – стіл; 5 – венті; 6 – насадка; 7 – гвинти; 8 – гільза; 9 – резервуар; 10 – шибер; 11 – лоток; 12 – вібратор; 13 – поршень; 14 – пневмоциліндр; 15 – клапан; 16 – кришка; 17 – клапан подачі стисненого повітря; А, Б, В, Г, Д – отвори та напрями руху повітря.

Рисунок 4.1 – Кінематична схема піскострільної машини

В верхній частині піскострільного резервуару 9 розміщено шибер 10, який переміщується поршнем 13 за допомогою стисненого повітря. Під час випуску повітря шибер 10 надійно закриває верхній отвір резервуару 9. До нижньої частини піскострільного резервуару 9 кріпиться швидкозмінна насадка 6. Для її знімання від машини достатньо відкрутити стопорний гвинт 7.

В дні насадки 6 запресовані венті 5. Розташування вдувних отворів і вент має відповідати розмірам та формі стрижневого ящика. Притискний стіл 4 зв'язаний з пневматичним поршнем 3.

Під час виходу стиснене повітря поступає через отвір Д та піднімає стіл 4 на висоту до 5 мм для притискання ящика до насадки б.

В конструкції поршня 3 є механізм, який направляє поршень 3 і тіл 4 ввєрх і в низ і запобігає їх обєртанню. Тому, обєртаючи втулку 2, вона опускаєтємся чи піднімаєтємся на штоці поршня 3, а разом з нею буде піднімаєтєся та опускаєтєся стіл 4. Для ящиків з вертикальною площиною роз'єму на стіл машини 4 встановлєно пневматичні затискачі (на схемі не показані).

4.3 Розрахунок піскострільного резервуару та основни конструкторських параметрів піскострільної машини

4.3.1 Розрахункова схема піскострільного резервуару

Розрахункова схема наведєна на рисунку 4.2.

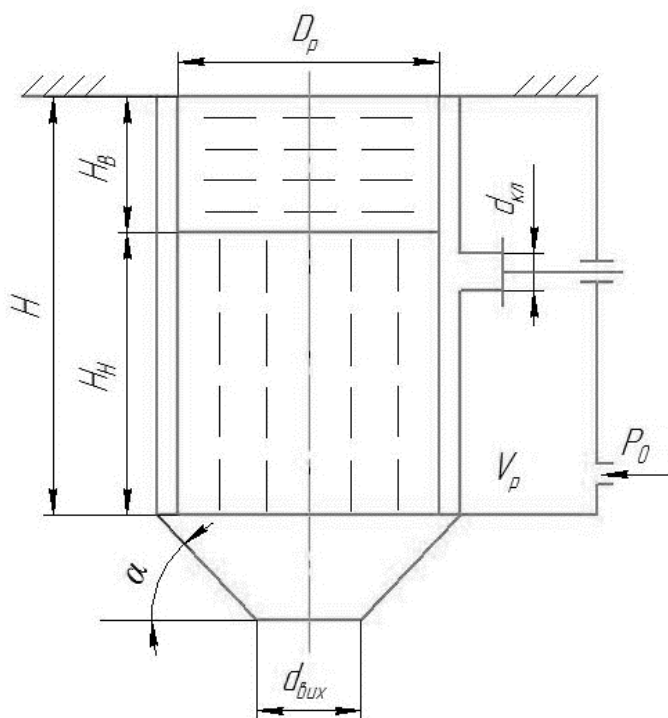


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема піскострільного резервуару

4.3.2 Визначення діаметру гільзи піскострільного резервуару

Діаметр гільзи резервуару піскострільної машини визначається за наступною формулою:

$$D_p = (90 \dots 100) \sqrt[3]{m_{\text{ст}}}, \text{ мм} \quad (4.1)$$

де D_p – діаметр гільзи піскострільного резервуару, мм;

$m_{\text{ст}}$ – маса стрижня, кг;

Маса стрижня визначається за формулою:

$$m_{\text{ст}} = V_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{ст}}, \text{ кг} \quad (4.2)$$

де $m_{\text{ст}}$ – маса стрижня, кг;

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стрижня, м^3 ;

$\rho_{\text{ст}}$ – ступінь ущільнення стрижня, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Об'єм стрижня вказаний у вихідних даних для роботи і становить $V_{\text{ст}} = 0,004 \text{ м}^3$.

Ступінь ущільнення стрижня знаходиться в межах

$$\rho_{\text{ст}} = 1450 \dots 1650 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} [7].$$

Приймаємо: $\rho_{\text{ст}} = 1650 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Підставивши певні дані у формулу (3.2) отримаємо :

$$m_{\text{ст}} = 0,004 \cdot 1650 = 6,6 \text{ кг}$$

Підставивши дані в формулу (3.1) отримаємо значення діаметру гільзи:

$$D_p = 100 \cdot \sqrt[3]{6,6} = 187,57 \text{ мм} \approx 190 \text{ мм}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3.3 Визначення висоти верхньої та нижньої частин гільзи піскострільного резервуару

Висота верхньої частини гільзи визначається за наступною формулою:

$$H_B = (0,4 \dots 0,6) \cdot D_p, \text{ мм} \quad (4.3)$$

де H_B – висота верхньої частини гільзи, мм;

D_p – діаметр гільзи піскострільного резервуару, мм;

Отже, підставивши значення в формулу (3.3) отримуємо:

$$H_B = 0,5 \cdot 190 = 95 \text{ мм}$$

Висота нижньої частини гільзи визначається за формулою:

$$H_H = (1,5 \dots 1,8) \cdot D_p, \text{ мм} \quad (4.4)$$

де H_H – висота нижньої частини гільзи, мм;

D_p – діаметр гільзи піскострільного резервуару, мм;

Підставивши дані в формулу (3.4) отримуємо:

$$H_H = 1,5 \cdot 190 = 285 \text{ мм}$$

4.3.4 Визначення загальної висоти гільзи піскострільного резервуару

Загальна висота гільзи піскострільного резервуару визначається за формулою:

$$H = H_B + H_H, \text{ мм} \quad (4.5)$$

де H – загальна висота гільзи, мм;

H_B – висота верхньої частини гільзи, мм

H_H – висота нижньої частини гільзи, мм;

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення в формулу (3.5) отримуємо:

$$H = 95 + 285 = 380 \text{ мм}$$

4.3.5 Визначення діаметру отвору вдувного клапану

Діаметр отвору вдувного клапану визначається за формулою:

$$d_{\text{кл}} = (0.2 \dots 0.5) \cdot D_p, \text{ мм} \quad (4.6)$$

де $d_{\text{кл}}$ – діаметр отвору вдувного клапана, мм;

D_p – діаметр гільзи піскострільного резервуару, мм;

Тоді, підставивши дані у формулу (3.6) отримуємо :

$$d_{\text{кл}} = 0,35 \cdot 190 = 66,5 \text{ мм} \approx 70 \text{ мм}$$

4.3.6 Визначення ширини прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару

Рекомендована ширина прорізів в верхній частині гільзи резервуару повинна знаходитися в межах $b_v = 0,8 \dots 1,0 \text{ мм}$ [8]. Приймаємо $b_v = 1,0 \text{ мм}$.

Рекомендована ширина прорізів в нижній частині гільзи резервуару повинна знаходитися в межах $b_n = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$ [8]. Приймаємо $b_n = 0,5 \text{ мм}$.

4.3.7 Визначаємо площу перетину прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару

Площа перетину прорізів в верхній частині гільзи визначаємо за наступною формулою:

$$f_v = (0,3 \dots 0,4) \cdot F_{\text{кл}}, \text{ см}^2 \quad (4.7)$$

де f_v – площа перетину прорізів у верхній частині гільзи, см^2 ;

$F_{\text{кл}}$ – площа вихідного клапану, см^2 .

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу вихідного клапана визначаємо за формулою [9]:

$$F_{\text{кл}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{кл}}^2}{4}, \text{ см}^2 \quad (4.8)$$

де $F_{\text{кл}}$ – площа вихідного клапана, см^2 ;

$d_{\text{кл}}$ – діаметр отвору вдувного клапана, см ;

Підставивши дані у формулу (3.8) отримуємо:

$$F_{\text{кл}} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,46 \text{ см}^2$$

Тоді, підставивши отримані дані у формулу (3.7) одержимо:

$$f_{\text{в}} = 0,4 \cdot 38,46 = 15,38 \text{ см}^2 \approx 16 \text{ см}^2$$

Площа перетину прорізів у нижній частині гільзи піскострільного резервуару визначаємо за наступною формулою:

$$f_{\text{н}} = (0,8 \dots 1,2) \cdot F_{\text{кл}}, \text{ см}^2 \quad (4.9)$$

де $f_{\text{н}}$ – площа перетину прорізів у нижній частині гільзи, см^2 ;

$F_{\text{кл}}$ – площа клапана, см^2 ;

$d_{\text{кл}}$ – діаметр отвору вдувного клапана, см ;

Підставивши дані у формулу (3.9) одержимо:

$$f_{\text{н}} = 0,85 \cdot 38,46 = 32,691 \text{ см}^2 \approx 33 \text{ см}^2$$

4.3.8 Визначення кількості прорізів в верхній та нижній частинах гільзи піскострільного резервуару

Щоб визначити кількість прорізів потрібно визначити площину однієї прорізі.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно задатися довжиною прорізі. Згідно рекомендацій [8], довжина прорізі знаходиться в межах $l_B = l_H = 40 \dots 80$ мм. Приймаємо $l_B = 50$ мм, $l_H = 60$ мм.

Отже, визначаємо площу однієї прорізі у верхній частині гільзи за такою формулою:

$$f_{\text{пр.в}} = B_B \cdot l_B, \text{ см}^2 \quad (4.10)$$

де $f_{\text{пр.в}}$ – площа однієї прорізі в верхній частині гільзи, см^2 ;

B_B – ширина прорізі в верхній гільзі піскострільного резервуару, см;

l_B – довжина прорізі, см;

Підставивши дані в формулу (3.10) отримаємо:

$$f_{\text{пр.в}} = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ см}^2$$

Визначаємо площу однієї прорізі у нижній частині гільзи за такою формулою:

$$f_{\text{пр.н}} = B_H \cdot l_H, \text{ см}^2 \quad (4.11)$$

де $f_{\text{пр.н}}$ – площа однієї прорізі у нижній частині гільзи, см^2 ;

B_H – ширина прорізів у низу гільзи піскострільного резервуару, см;

l_H – довжина прорізі, см;

Підставивши дані в формулу (3.10) отримаємо таке значення:

$$f_{\text{пр.н}} = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ см}^2$$

Кількість прорізів в верхній частині гільзи піскострільного резервуару визначаємо за наступною формулою:

$$n_B = \frac{f_B}{f_{\text{пр.в}}}, \text{ шт.} \quad (4.12)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де n_B – кількість прорізів у верхній частині гільзи піскострільного резервуару, шт.;

f_B – площа перетину прорізів у верхній частині гільзи, см^2 ;

$f_{\text{пр.в}}$ – площа однієї прорізи у верхній частині гільзи, см^2 .

Підставивши дані в формулу (3.12) отримаємо:

$$n_B = \frac{16}{0,5} = 32 \text{ шт.}$$

Кількість прорізів у нижній частині гільзи піскострільного резервуару визначаємо за наступною формулою:

$$n_H = \frac{f_H}{f_{\text{пр.н}}}, \text{ шт.} \quad (4.13)$$

де n_H – кількість прорізів в верхній частині гільзи піскострільного резервуару, шт.;

f_H – площа перетину прорізів в верхній частині гільзи, см^2 ;

$f_{\text{пр.н}}$ – площа однієї прорізи в верхній частині гільзи, см^2 .

Підставивши дані в формулу (3.13) отримаємо:

$$n_H = \frac{33}{0,3} = 110 \text{ шт.}$$

4.3.9 Визначення діаметру вдувного отвору насадки піскострільного резервуару

Діаметр вдувного (вихідного) отвору розраховується за формулою:

$$d_{\text{вих}} = (0,2 \dots 0,4) \cdot D_p, \text{ мм} \quad (4.14)$$

де $d_{\text{вих}}$ – діаметр вихідного отвору, мм;

D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, мм.

Підставивши дані у формулу (3.14) отримаємо:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\text{вих}} = 0,4 \cdot 190 = 76 \text{ мм} \approx 80 \text{ мм}$$

4.3.10 Призначення кута нахилу, утвореного конічною насадкою піскострільної машини

Згідно рекомендацій, кут нахилу, що утворений конічною насадкою піскострільної машини до горизонту, повинен знаходитися в межах $\alpha = 45 \dots 60^\circ$.

Приймаємо $\alpha = 60^\circ$.

4.3.11 Визначення сумарного перетину вент в піскострільній насадці

Сумарний перетин вент в піскострільній насадці розраховується за формулою:

$$\Sigma F_{\text{вент}} = (0,5 \dots 1,0) \cdot F_{\text{вих}} = (0,5 \dots 1,0) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вих}}^2}{4}, \text{ см}^2 \quad (4.15)$$

де $\Sigma F_{\text{вент}}$ – сумарний перетин вент, см^2 ;

$F_{\text{вих}}$ – площа перетину вихідного отвору, см^2 ;

Підставимо дані в формулу (3.15) і отримаємо:

$$\Sigma F_{\text{вент}} = 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 25 \text{ см}^2$$

4.3.12 Визначення кількості вент в піскострільній насадці

Згідно ГОСТ 19396-74 з довідника обираємо венту марки:

0292-1195

Характеристика венти: $D = 25 \text{ мм}$; $D_2 = 22,5 \text{ мм}$; $B = 0,3 \text{ мм}$; $n = 16 \text{ шт}$;

Кількість вент в насадці визначається за формулою:

$$n_{\text{вент}} = \frac{\Sigma F_{\text{вент}}}{F_{1\text{вент}}}, \text{ шт.} \quad (4.16)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $n_{\text{вент}}$ – кількість вент в насадці, шт.;

$\Sigma F_{\text{вент}}$ – сумарний перетин вент, см^2 ;

Площу однієї вент можна знайти за такою формулою:

$$F_{1\text{вент}} = L \cdot B \cdot n, \text{ см}^2 \quad (4.17)$$

де $F_{\text{вент}}$ – площа перерізу вент, см^2 ;

L – середня довжина одного пазу, см. Приймаємо середню довжину одного пазу $L=1$ см.

B – ширина одного пазу, см;

n – кількість пазів, шт.;

Підставивши певні значення у формулу (3.17) отримаємо площу перерізу однієї вент:

$$F_{\text{вент}} = 1 \cdot 0,03 \cdot 16 \approx 0,5 \text{ см}^2$$

Підставивши дані у формулу (3.16) розраховуємо кількість вент в насадці:

$$n_{\text{вент}} = \frac{25}{0,5} = 50 \text{ шт}$$

4.3.13 Визначаємо об'єм ресивера

Об'єм ресивера визначається за формулою:

$$V_P = V_{\Gamma} \cdot \left(\frac{\ln \frac{1}{\phi}}{1,032 + 0,03 \cdot D_p} \right)^{3,7}, \text{ см}^3 \quad (4.18)$$

де V_P – ємність ресивера, см^3 ;

V_{Γ} – об'єм гільзи піскострільного резервуару, см^3 . Об'єм гільзи піскострільного резервуару визначається за формулою [8]:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot H_3, \text{ см}^3 \quad (4.19)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_{Γ} – об’єм гільзи піскотрільного резервуару, см^3 ;

D_p – діаметр гільзи піскотрільного резервуару, см ;

H_3 – загальна висота гільзи, см ;

Підставивши дані у формулу (3.19) отримаємо:

$$V_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 19,0^2}{4} \cdot 41 = 11618,78 \text{ см}^3$$

φ – коефіцієнт зменшення об’ємної маси стрижня.

Рекомендований коефіцієнт зменшення об’ємної маси стрижня повинен знаходитися в межах $\varphi=0,01 \dots 0,05$ [8].

Приймаємо: $\varphi=0,02$.

Тоді, підставивши дані у формулу (3.18) розраховуємо ємність ресивера:

$$V_p = 11618,78 \cdot \left(\frac{\ln \frac{1}{0,02}}{1,032 + 0,03 \cdot 19,0} \right)^{3,4} = 241809 \text{ см}^3 \approx 250 \text{ дм}^3$$

4.3.14 Визначення зусилля притискання столу машини

Зусилля притискання столу визначається за формулою:

$$P_{\text{пр}} = (0,55 \dots 0,6) \cdot p_0 \cdot F_{\text{ящ}} + Q + R, \text{ кг} \quad (4.20)$$

де $P_{\text{пр}}$ – зусилля притискання столу, кг ;

p_0 – тиск повітря в мережі цеху, кг/см^2 . Рекомендований тиск повітря в мережі цеху повинен знаходитися в межах

$p_0 = 5 \dots 6 \text{ кг/см}^2$ [8].

Приймаємо: $p_0 = 6 \text{ кг/см}^2$;

$F_{\text{ящ}}$ – площа стрижневого ящика, см^2 . Площу стрижневого ящика знаходимо за формулою:

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{ящ}} = A \cdot B, \text{ см}^2 \quad (4.21)$$

де $F_{\text{ящ}}$ – площа стрижневого ящика, см^2 ;

A – довжина стрижневого ящика, см ;

B – ширина стрижневого ящика, см .

Підставивши дані у формулу (3.21) отримаємо:

$$F_{\text{ящ}} = 63 \cdot 40 = 2520 \text{ см}^2$$

Q – маса частин, що підіймається, кг , згідно рекомендацій $Q=600 \text{ кг}$;

R – сила тертя, кг . Силу тертя знаходимо за формулою:

$$R = 0,25 \cdot Q, \text{ кг} \quad (4.22)$$

де R – сила тертя, кг ;

Q – маса частин, що підіймається, кг .

Підставивши дані в формулу (3.22) отримаємо:

$$R = 0,25 \cdot 600 = 150 \text{ кг}$$

Підставивши дані в формулу (3.20) отримаємо таке значення зусилля притискання стола:

$$P_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 6 \cdot 2520 + 600 + 150 = 9822 \text{ кг}$$

4.3.15 Визначення діаметра поршня притискного пристрою

Діаметр поршня притискного пристрою визначається за формулою:

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}}{\pi \cdot P_0}}, \quad (4.23)$$

де D_n – діаметр поршня притискного пристрою, см ;

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P_{np} – зусилля притискання столу, кг;

P_0 – тиск повітря в мережі цеху, кг/см².

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 9822}{3,14 \cdot 6}} = 45,6 \text{ см} \approx 460 \text{ мм}$$

4.3 Технічна характеристика піскострільної машини та догляд за нею

Для справної роботи машини та безпеки експлуатації потрібно стежити за чистотою навколо машини. Мінімум раз на три місяці проводити огляд механізмів машини, промивати поверхні тертя, змазувати та замінювати зношені деталі на нові.

Технічна характеристика піскострільної машини 2Б83М наведена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика машини

Найбільша маса стрижня, кг	6,6
Розміри стрижневого ящика, мм	630×400×350
Місткість робочого резервуару, м ³	0,012
Робочий тиск стисненого повітря, кг/см ²	5-6
Витрата стисненого повітря, м ³ /цикл	0,6
Продуктивність, зйомів/год	300
Габаритні розміри машин, мм	1250×860×2300
Вага машини, кг	1200

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

5.1 Визначення капітальних вкладень на стрижневе відділення

Для реалізації проекту визначаємо загальну величину капітальних вкладень:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}}, \quad (5.1)$$

де K_0 – вкладення в обладнання, грн;

$K_{\text{осн}}$ – вкладення в оснащення, грн;

$K_{\text{інв}}$ – вкладення в інвентар, грн;

$K_{\text{м}}$ – вкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів, грн.

Вкладення в обладнання визначається за формулою:

$$K_0 = K_{\text{т}} + K_{\text{пт}} + K_{\text{е}} + K_{\text{уп}}, \quad (5.2)$$

де $K_{\text{т}}$ – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{\text{пт}}$ – капіталовкладення у піднімально-транспортне устаткування;

$K_{\text{е}}$ – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$ – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устаткування розраховують за допомогою формули:

$$K = \text{Ц}(a_{\text{т}} + a_{\text{б}} + a_{\text{м}}), \quad (5.3)$$

					ФЛ611.61303.1110.0000					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Разроб.		Кондратенко І. О.			ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ		Л/т.	Аркуш.	Аркушів	
Перев.		Ковальчук О.Г.							81	8
							КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.										
Затв.										

де Ц – договірна ціна одиниці устатковування, грн.;

a_t – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат на устаткування (0,05...0,1);

a_6 – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

a_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

Розрахунок капіталовкладень у сумішоприготувальне відділення наведений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок капіталовкладень в технологічне обладнання

Назва устатковування	Кількість, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
Піскострільна машина 2Б83М	1	80 000	80 000	6 000	166 000
Піскострільна машина 23229А2А	1	120 000	120 000	8 000	248 000
Змішувач для ХТС 19611	2	100 000	200 000	5 000	305 000
Механізований візок	2	50 000	100 000	2 500	152 500
Прямокутний бункер	1	25 000	25 000	4 000	54 000
Всього					925 500

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 8 грн. на одиницю придатного литва річної програми:

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (5.4)$$

де $n_{\text{заг}}$ – загальна кількість виливок на рік, шт.

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot 11576 = 92608 \text{ грн.}$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{\text{инв}} = 925500 \cdot 0,02 = 18510 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення у запаси матеріалів розраховуємо за формулою:

$$K_M = \sum M_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.5)$$

де M_i – середня кількість запасів матеріалів i -го типу, т;

C_i – оптова ціна матеріалу i -го типу, грн.;

K_i – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу i -го типу.

Визначаємо загальне вкладення на стрижневе відділення:

$$K = 925500 + 92608 + 18510 + 155000 = 1\,201\,618 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Визначення капіталовкладень у запаси матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість на 1 т литва, кг	Величина запасу, т	Планова ціна, грн./т	Вартість мінімального запасу, грн.
ХТС зі смолами	170	135	1000	135 000
Протипригарна фарба	30	5	4000	20 000
Всього				155 000

5.2 Визначення кількості та заробітної плати робітників

Для визначення кількості працівників потрібно враховувати трудомісткість виробничих операцій у відділенні.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заробітна плата складається з основної та додаткової з відрахуванням на соціальні потреби. Сума нарахувань складає 22 % від річного фонду заробітної плати.

Спочатку визначаємо основний фонд заробітної плати на рік з урахування розряду і професії:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (5.5)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол.;

Φ – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премії приймаємо 25 % від фонду основної заробітної плати.

Додатковий фонд – сума всіх перерахованих плат.

Загальний фонд – сума основного та додаткового фонду.

Таблиця 5.3 – Розрахунок заробітної плати та чисельність основних виробничих працівників.

Найменування професії	Розряд	Погодинна ставка, грн	К-сть робітників, осіб	Фонд робочого часу	Фонд основної зарплати, грн	Фонд додаткової заробітної плати, грн	Загальний фонд заробітної плати
Формувальник	4	38,22	2	1840	140 649,6	35 162,4	175 812
Сумішоприготувальник	4	38,22	2	1840	140 649,6	35 162,4	175 812
Кранівник	4	38,22	1	1840	70 324,8	17 581,2	87 906
Допоміжні робітники	3	34,09	4	1840	250 902,4	62 725,6	313 628
Разом			9		602 526,4	150 631,6	753 158

Таблиця 5.4 – Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Кількість осіб	Місячний оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Начальник	1	21 000	252 000
Майстер зміни	2	16 000	192 000
Разом			444 000

5.3 Визначення планової собівартості продукції стрижневого відділення

Для визначення планової собівартості продукції складаються планові та фактичні калькуляції. Перші розраховують за плановими нормами витрат, другі – за їх фактичним рівнем.

Об'єктом калькуляції є стрижні, які потрібні для виробництва виливків.

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт-год електроенергії, що дорівнює 2,21 грн/кВт-год.

$$C_e = 68252,1 \cdot 2,21 = 150\,837,14 \text{ грн}$$

Єдиний соціальний внесок складає 22 % від загального фонду заробітної плати:

$$P_{\text{ЄСВ}} = 0,22 \cdot 753\,158 = 165\,694,76$$

Утримання та експлуатація устаткування складає 150 % від основної заробітної плати робітників, які працюють з обладнанням:

$$P_y = 1,5 \cdot 351\,624 = 527\,436$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальновиробничі витрати приймаються у розмірі 110 % від основної заробітної плати робітників, які працюють з обладнанням:

$$P_{ЗВВ} = 1,1 \cdot 351\,624 = 386\,786,4$$

Загальногосподарські витрати становлять 70 % від основної заробітної плати робітників, які працюють з обладнанням:

$$P_{ЗГВ} = 0,7 \cdot 351\,624 = 246\,136,8$$

Витрати на підготовку та освоєння виробництва становлять 40 % від основної заробітної плати робітників, які працюють з обладнанням:

$$P_{ВПВ} = 0,4 \cdot 351\,624 = 140\,649,6$$

Позавиробничі витрати визначаються у відсотках до виробничої собівартості і становлять 7 %:

$$P_{ПВВ} = 0,07 \cdot 5\,550\,698,7 = 388\,548,9$$

Повну собівартість одиниці продукції (C_{Π}) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($C_{\Pi}^{\text{річ}}$) до річного обсягу (програми) випуску продукції цехом (дільницею):

$$C_{\Pi} = \frac{C_{\Pi}^{\text{річ}}}{G}, \quad (5.6)$$

де G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$C_{\Pi} = \frac{5\,939\,247,6}{11\,576} = 513$$

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Планова калькуляція стрижневого відділення складена у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму
1. Сировина та матеріали				
1.1. ХТС зі смолами	т	2700	1000	2 700 000
1.2. Протипригарна фарба	т	120	4000	480 000
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)				150 837,14
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				602 526,4
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				150 631,6
5. Єдиний соціальний внесок				165 694,76
6. Утримання та експлуатація устаткування				527 436
7. Загальновиробничі витрати				386 786,4
8. Загальногосподарські витрати				246 136,8
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				140 649,6
Виробнича собівартість річної програми				5 550 698,7
10. Позавиробничі витрати				388 548,9
Повна собівартість річної програми				5 939 247,6

5.4 Розрахунок продуктивності праці на дільниці

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної чисельності персоналу дільниці:

$$ПП = \frac{Q}{n}, \quad (5.6)$$

де Q – кількість придатного литва за рік, т;

n – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{ПП} = \frac{2701}{12} = 255 \frac{\text{т}}{\text{особу}}.$$

5.5 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності:

$$t = \frac{Ч_{\text{осн}} \cdot \Phi_{\text{плор}}}{Q},$$

де t – трудомісткість продукції, нормо · год /т;

$Ч_{\text{осн}}$ – чисельність основних робітників, осіб;

$\Phi_{\text{плор}}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

$$t = \frac{9 \cdot 1840}{2701} = 6,13 \text{ нормо} \cdot \text{год/т}$$

Оскільки виготовлені стрижні є об'єктом для власних потреб розроблення виливків, то в розрахунку окупності відділення сенсу немає.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальна характеристика умов праці у відділенні.

Параметри приміщення наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Параметри приміщення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	48000мм×24000мм×10000 мм; S=1152 м ² ; V=11520 м ³	-
2	Кількість працівників	Працівники відділення	5
3	Штучне освітлення	Світлодіодний прожектор «Sungi» 200W-6500K	8
4.	Природне освітлення	Вікно ПГ12-18 ГОСТ 12506-81	8

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Обладнання і оснащення приміщення

№ п/п	Назва	Характеристики	К-сть	Номер на рис.
1	2	3	4	5
1	Піскострільна машина 2Б83М	-продуктивність: 300 зйомів/год; -витрата стисненого повітря: 0,6 м ³ /цикл -розміри: 1250×860×2300 мм;	1	1
2	Піскострільна машина 23229А2А	-продуктивність: 54 зйомів/год; -витрата стисненого повітря: 3 м ³ /цикл -розміри: 6530×4460×4600 мм;	1	2

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Кондратенко І. О.			ОХОРОНА ПРАЦІ		Літ.	Аркуш.
Перев.		Ковальчук О.Г.						Аркуші
								89
								7
Н. Контр.							КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1	
Затв.								

1	2	3	4	5
3	Змішувач для ХТС 19611	-продуктивність: 1 т/год; -напруга 220В, 50 Гц; -споживана потужність: 3,55 кВт; -розміри: 2675×700×2727 мм;	2	3
4	Кран мостовий	-вантажопідйомність: 40 т; -розміри: 23000×4000 мм;	1	4
5	Вогнегасник порошковий, опу-10	-розміри 420×150×150 мм; -об'єм 10л.	1	5

План стрижневого відділення наведено на рисунку 1.

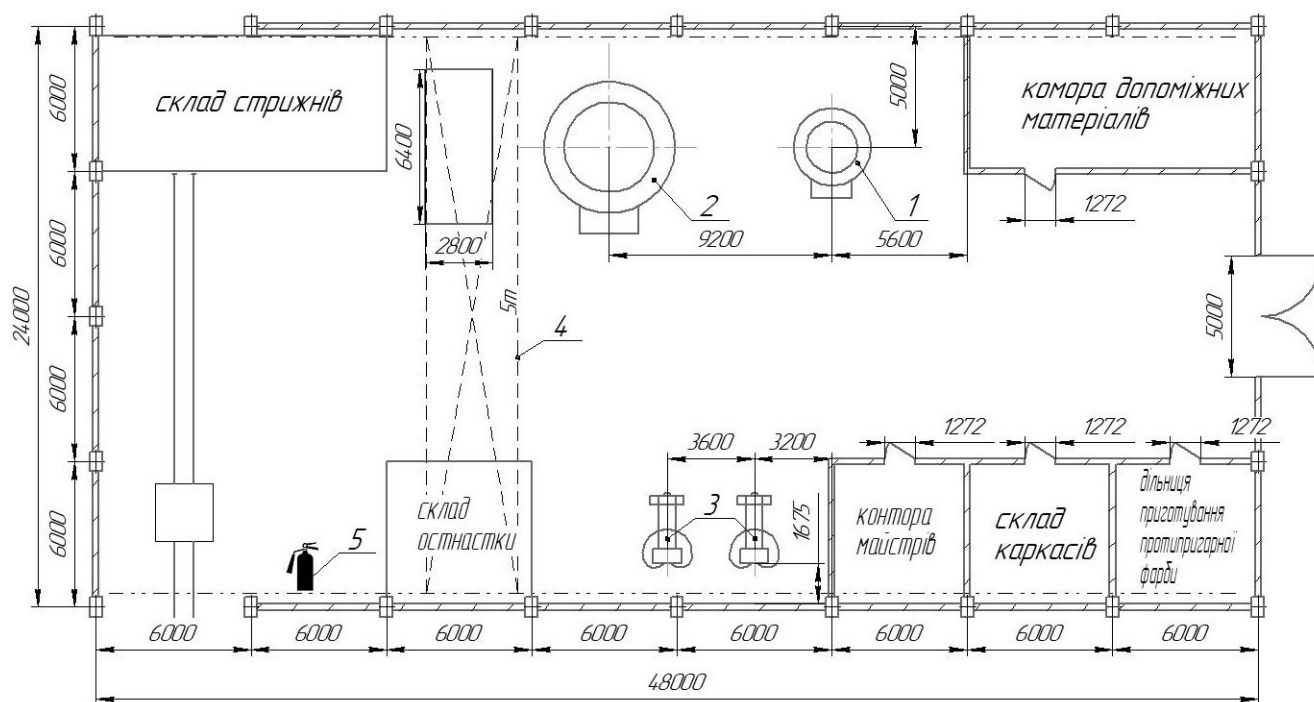


Рис. 6.1 – План стрижневого відділення

Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Порівняння реальних та нормативних характеристик

Параметри	Нормативне значення	Реальне значення
Корисна площа на 1 працівника, (м ²) [19]	4,5	230,4
Корисний об'єм на 1 працівника, (м ³) [19]	15	2304
Ширина проходів; проїздів, (м) [19]	1,5; 4,5	5

6.2 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів

Основні небезпечні та шкідливі фактори за якими будуть створюватися заходи по усуненню небезпечних та шкідливих виробничих факторів наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Основні небезпечні та шкідливі фактори

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори		Небезпечні виробничі фактори
	Шкідливі речовини	Шум	Механізми і вироби, що рухаються
Приготування суміші	xx	-	xx
Формування стрижнів	xx	xx	-
Транспортування стрижнів	-	-	xx

6.3 Шкідливі речовини

При використанні ХТС потрібно передбачити міри попереджуючі попадання токсичних смол на слизисті оболонки і шкіру працівників. Піскострільні машини при формуванні стрижнів виділяють кварцовий пил. Основні хімічні небезпеки, реальні нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 6.5, 6.6, 6.7.

Таблиця 6.5 – Джерела хімічних небезпек

№ п.п.	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піскострільна машина 23229A2A	Піскострільна суміш	Утворення кварцевого пилу	Професійне захворювання – силікоз
2	Піскострільна машина 2Б83М			
3	ХТС зі смолами	Смола БС-40	Виділення парів формальдегіда	Отруєння робітників

Таблиця 6.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Запилення приміщення [11]	2,5 мг/м ³	1 мг/м ³
2	Формальдегід у повітрі [11]	0,03 мг/м ³	0,05 мг/м ³

Таблиця 6.7 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	2	3	4
1	Технічні	Застосування пиловідсмоктуючих пристосувань замість обдування форм	Зменшення розповсюдження пилу при обдувці форм
		Ущільнення гумовою прокладкою роз'єму форми на піскострільних машинах	Зменшення розповсюдження пилу при формуванні стрижня
2	Організаційні	Проведення контролю вмісту пилу та формальдегіду у повітрі	Дотримання нормативних значень пилу та формальдегіду у повітрі
3	Режимні	Недопущення сторонніх осіб робочих без засобів індивідуального захисту на об'єкті	Захист від шкідливих речовин сторонніх осіб та робочих

1	2	3	4
4	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування	Усунення розповсюдження шкідливих речовин через неполадки устаткування
5	ЗІЗ	Распіратор “Мікрон” FFP3 [12]	Захист органів дихання від пилу та формальдегіда
		Захисні рукавиці з повним двошаровим покриттям з нітрилу [13]	Захист рук від смол

6.4 Механізми і вироби, що рухаються

Основні фізичні небезпеки наведені в таблицях 6.8, 6.9, 6.10.

Таблиця 6.8 – Джерела фізичних небезпек

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Кран мостовий	Переміщувані вантажі	Удар вантажем	Травма робочих
2	Змішувач для ХТС 19611	Рухомі вузли: каток, вал редуктора	Попадання рук на рухомі вузли	

Таблиця 6.9 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальна завантаженість крану, (т) [14]	10	40
2	Довжина прольоту моста крану, (м) [14]	23	Від 16 до 34

Таблиця 6.10 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Застосування попереджувального звукового сигналу перед початком роботи крана	Сповіщення робочих про пересування краном вантажу
		Механічне завантаження змішувача	Усунення контакту робочих з рухомими частинами змішувача
2.	Організаційні	Проведення навчань, інструктажів правил безпеки у відділенні	Ознайомлення робочих з правилами безпеки при роботі з устаткування
3.	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист від фізичних небезпек сторонніх осіб та робочих
4.	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування	Забезпечення правильної роботи устаткування
5	ЗІЗ	Каска захисна НМ-6 [15]	Захист від травм голови

6.5 Шум

Джерелами шуму є піскострільні машини. Основні шумові небезпеки, реальні та нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 6.11, 6.12, 6.13.

Таблиця 6.11 – Основні шумові небезпеки

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Піскострільна машина 23229A2A	Піскострільна суміш зі стисненим повітрям	Шум при надуванні стрижня	Порушення слуху
2	Піскострільна машина 2Б83М			

Таблиця 6.12 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Рівень шуму [16]	95 дБА	75 дБА

Таблиця 6.13 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Звукоізолюючий кожух	Зменшення шуму машини
2.	Організаційні	Щорічне проведення медогляду	Контроль стану здоров'я робочих
3.	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист осіб, не пов'язаних з даним технологічним процесом
4.	Експлуатаційні	Обмеження тривалості впливу	Відсутність постійного впливу шуму на робочих
5	ЗІЗ	Противошумні навушники УАТО УТ-74621 [17]	Захист від інтенсивного шуму

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Плунжер» та спроектоване стрижневе відділення заводу легкових автомобілів.

1. Проведений аналіз виробничої програми, обраний режим і фонди часу роботи та структура і тип цеху.

2. Розраховано обсяг виробництва, устаткування, енергетичні затрати та спроектовано будівлю стрижневого відділення.

3. Розроблено технологію виготовлення виливка «Плунжер», обрано положення у формі, площини рознімання, кількість і тип стрижнів, формувальні і стрижневу суміш.

4. Спроектовано модельну оснастку, стрижневий ящик та ливникову систему виливка.

5. Розрахунок стрижневої піскостільної машини 2Б83М.

6. Визначено кількість капітальних вкладень, зарплату робітників та планової собівартості продукції у організаційно-економічному розділі.

7. Проведена загальна характеристика умов праці, оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів та заходи по їх усуненню в розділі охорони праці.

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ			
Разроб.		Кондратенко І. О.						
Перев.		Ковальчук О.Г.						
Н. Контр.								
Затв.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1			
					Л/т.	Аркуш.	Аркушів	
							96	1

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко [та ін.]. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с.
2. Проектирование литейных цехов и заводов / Под ред. В. М. Шестопада –Т.2. – М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.
3. Формовочные материалы смеси / С. П. Дорошенко, В. П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек. – К.: Вища шк., 1990. – 415 с.
4. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
5. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропоршнєв, М.М. Ямшинський. – К.: ВПК «Політехніка», 2011. – 67с.
6. Фанталов Л.И. Основы проектирования литейных цехов и заводов. / Фанталов Л.И., Кнорре Б.В., Четверухин С.И. // М.: Машиностроение. – 1979. – 376 с.
7. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Изд. 2 – е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977, – 510с.
8. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. Часть 1. – М.: МГИУ, 2006. – 172 с.
9. Аксенов П.Н., Орлов Г.М., Благонравов Б.П. Машины литейного производства. Атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1972, – 152 с.
10. НПА ОП 27.0-1.01-08. Правила охорони праці в металургійній промисловості.
11. ДСН 3.3.6-042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Кондратенко І. О.			ЛІТЕРАТУРА	Літ.	Аркуш.	Аркушів
Перев.		Ковальчук О.Г.					97	2
						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1		
Н. Контр.								
Затв.								

12. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
13. ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць.
14. НПАОП 00.0-5.18-96. Типова інструкція з безпечного ведення робіт для кранівників (машиністів) кранів мостового типу (мостових, козлових, напівкозлових)
15. ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні промислові.
16. ДСНЗ.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
17. ДСТУ EN 352-3:2017 Засоби індивідуального захисту органа слуху
18. Охорона праці та цивільний захист / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний та ін. // За ред. О.Г. Левченка. – К.: Основа, 2019. – 472 с.
19. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

					ФЛ611.61303.1110.0000	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ФЛ611.61303.1110.0000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТКИ			
Разроб.		Кондратенко І. О.						
Перев.		Ковальчук О.Г.						
Н. Контр.								
Затв.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ, ФЛ-61-1			
					Л/т.	Аркуш.	Аркушів	
						99	5	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			Ф/61.61303.1110.0001	Стрижневе відділення	1	
				<u>Позиції</u>		
		1		Стіл для фарбування	1	
				стрижнів		
		2		Піскострільна машина	1	
				23229A2A		
		3	Ф/61.61303.1110.0006	Піскострільна машина	1	
				2Б83М		
		4		Механізований візок	1	
		5		Кран мостовий	1	
		6		Змішувач для ХТС 19611	2	
				Ф/61.61303.1110.0001 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розраб.		Кондратенко І.О.			Літ.	Аркуш
Перев.		Ковальчук О.Г.				101
Т.конт.					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, Ф/І-61-1	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A2			ФЛ61.61303.1110.0004	Модельна плита з моделлю	1	
				верху		
				<u>Позиції</u>		
		1		Модельна плита	1	
		2		Модель верху	4	
		3		Модель шлаковловлювача	2	
		4		Модель стояка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Болт М8х30 ГОСТ 20342-74	24	
		6		Штифт 8х30 ГОСТ 20340-74	8	
		7		Шайба 17,6 ГОСТ 20342-74	25	
		8		Штир 8х30 ГОСТ 20339-74	1	
				ФЛ61.61303.1110.0004 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розраб.	Кондратенко І.О.				Літ.	
Перев.	Ковальчук О.Г.				Аркуш	
Т.конт.					Аркушів	
Модельна плита з моделлю верху					102	
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ФЛ-61-1	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФЛ6.1.61303.1110.0005	Форма в складеному виді	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		1		Опака нижня ГОСТ 15000-69	1	
		2		Опака верхня ГОСТ 15000-69	1	
		3		Втулка центрувальна	2	
				ГОСТ 20126-76		
		4		Штир центрувальний	1	
				ГОСТ 22965-76		
		5		Штир напрямівний	1	
				ГОСТ 22965-761		
		6		Втулка напрямівна	2	
				ГОСТ 20126-76		
				<u>Інші вироби</u>		
		7		Стрижень №1	8	
		8		Стрижень №2	4	
				ФЛ6.1.61303.1110.0005 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Форма в складеному виді	
Розраб.		Кондратенко І.О.				
Перев.		Ковальчук О.Г.				
Т.конт.						
					Літ.	Аркуш
						103
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ФЛ-61-1	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФЛ61.61303.1110.0006	Машина піскострільна	1	
				стрижнева 2Б83М		
				<u>Позиції</u>		
		1		Станина	1	
		2		Стіл прижимний	1	
		3		Пневмозажим	2	
		4		Насадка	1	
		5		Піскодувний резервуар	1	
		6		Пульт управління	1	
		7		Живильник	1	
		8		Гільза	1	
		9		Вента	50	
				ФЛ61.61303.1110.0006 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розраб.		Кондратенко І.О.			<div>Машина піскострільна стрижнева 2Б83М</div> <div> <div>Літ.</div> <div>Аркуш</div> <div>Аркушів</div> </div> <div> <div>КПІ ім. І. Сікорського</div> <div>ІФФ, ФЛ-61-1</div> </div>	
Перев.		Ковальчук О.Г.				
Т.конт.						
Н.конт.						
Затв.						